FEB 20 1923
T. P. T. Index for 23 l. Ye.
Phys. Z.

# Physikalische Zeitschrift

Begründet von E. Riecke und H. Th. Simon

Herausgeber:
Professor Dr. **M. Born** und
Professor Dr. **P. Debye**

Schriftleiter:
Dr. **Hans Küstner** in Göttingen

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen zum Preise von vierteljährlich 600 Mark, bei unmittelbarer Zustellung unter Kreuzband 900 Mark, im Ausland je nach dem Valutastande. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung, die Post sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Millimeterzeile mit 30.— Mark, Beilagen nach Vereinbarung berechnet; bei Wiederholungen tritt Ermäßigung ein.

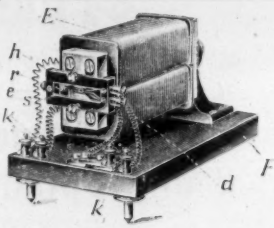
**Alle Manuskriptsendungen und darauf bezügliche Zuschriften sind zu richten entweder an die Herausgeber: Professor Dr. M. Born, Göttingen, Planckstraße 21, und Professor Dr. P. Debye, Zürich, Physikgebäude, Gloriastr. 35 oder an die Schriftleitung: Dr. Hans Küstner, Göttingen, Bunsenstraße 9, Physikalisches Institut der Universität, alle Büchersendungen und Anzeigenaufträge an den**

Verlag von **S. Hirzel** in Leipzig, Königstraße 2.

**No. 24.** 15. Dezember 1922. No. 628. **23. Jahrgang.**

**Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn,**

**München.**




**Oscillograph**

nach

**Prof. Franz Wittmann,**

Budapest.

*Katalog 30 erschienen und ebenso wie Spezialliste No. 29 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate gratis und franko.*

## Eingegangene Bücher.

(Eingehende Besprechung vorbehalten. Rücksendung nicht besprochener Bücher erfolgt in keinem Falle.)

**Fajans, K.**, Radioaktivität und die neueste Entwickelung der Lehre von den chemischen Elementen. (Sammlung Vieweg Heft 45.) 8°. XI u. 137 S. Mit 11 Abb. u. 14 Tabellen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges. 1922. M. 18.—.

**Fehrle, K.**, Über die Darstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente mittels harmonischer Schwingungen. 8°. 45 S. Freiburg i. B., Freiburger Druck- u. Verlagsges. H. M. Muth m. b. H. 1922.

**Freitag, H.**, Physik für die Unterstufe. 8°. IV u. 235 S. Mit 217 Fig. Nürnberg, Carl Koch. 1922. M. 18.—.

**Kirchberger, P.**, Die Entwicklung der Atomtheorie. 8°. X u. 260 S. Mit 26 Abb. u. 1 Klapptabelle. Karlsruhe, C. F. Müller'sche Hofbh. 1922. Geheftet M. 60.—, geb. M. 75.—.

**Konen, H.** u. **A. Pütter**, Helmholtz, H. v., 1855—1858. Reden, gehalten am 17. Dezember 1921 zum hundertsten Geburtstag. 4°. 20 S. Bonn, Ludwig Rohrscheid. 1922. M. 9.—.

Telefunken-Zeitung. V. Jahrg. Nr. 25. 25 Jahre drahtlose Telegraphie. Berlin, Gesellschaft f. drahtlose Telegraphie. 1922.

**Villey, J.**, Physique élémentaire et Theories modernes. Première Partie: Molécules et Atomes. 8°. X u. 107 S. Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1921. Fr. 15.

**Weinhold, A. F.**, Physikalische Demonstrationen. 6. vermehrte u. verb. Aufl., herausgegeben von L. Weinhold. 8°. XII u. 1022 S. Mit 702 Fig. im Text und auf 7 Tafeln. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1921. Geheftet M. 180.—, geb. 210.—.

**Weiser, M.**, Das Atom. 8°. 64 S. Dresden, Emil Pahl. 1922. Geheftet M. 5.—, geb. M. 7.50.

**Westphal, C.**, Wirbelkristall und elekromagnetischer Mechanismus. 8°. 32 S. Mit 30 Abb. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1921. In Komm. M. 4.—.

**Wien, W.**, Aus der Welt der Wissenschaft. 8°. IV u. 320 S. Mit 3 Figuren im Text. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1921. Gebunden M. 60.—.

**Wiener, O.**, Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther. (Abh. d. Math.-phys. Kl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. 38. Bd. Nr. 4.) gr. 8°. IV u. 87 S. Mit 9 Abb. Leipzig, B. G. Teubner. 1921. M. 7.20.

**Wulf, P. Th.**, Einsteins Relativitätstheorie. 2. Aufl. 8°. VI u. 88 S. Mit 8 Abb. Innsbruck, Verlagsanstalt Tyrolia. 1921. M. 8.50.

**Wüst, F.**, Temperatur-Wärmeinhaltskurven wichtiger Metall-Legierungen. (Forschungsarbeiten auf dem Geb. des Ingenieurwesens Heft 241.) 8°. 46 S. Berlin, Julius Springer. 1921. M. 38.—.

**Zeeman, P.**, Verhandelingen over Magneto-optische Verschijnselen. 8°. XV u. 341 S. Leiden, Eduard Ijdo. 1921.

**Zimm, W.**, Über die Strömungsvorgänge im freien Luftstrahl. (Forschungsarbeiten auf dem Geb. des Ingenieurwesens Nr. 234.) 4°. 36 S. Berlin, Verlag des Vereins deutscher Ingenieure. 1921. M. 12.—


# Elektrotechnik.

Mit Vakuumtechnik vertrauter jüngerer **Physiker** vom Laboratorium Berliner Großfirma gesucht. Ausführliche Angebote erbeten unter **S. H. 613** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2.

Neuste Konstruktion!

Kugelepiskop. D.R.P. 250314.

# Franz Schmidt & Haensch

**Berlin S. 42,** Prinzessinnenstraße 16

## Werkstätten für Präzisions-Mechanik und Optik.

**Neue optische Spezialinstrume**
**eigener Konstruktion,**
**Polarisations-, Spektral-, Pro**
**tionsapparate, Episkope u.**

Preislisten kostenlos.

# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. 15. Dezember 1922. Redaktionsschluß für No. 1 am 15. Dezember 1922. 23. Jahrgang.


INHALT.


**Originalmitteilungen:**

K. Lanczos, Ein vereinfachendes Koordinatensystem für die Einsteinschen Gravitationsgleichungen. S. 537.

K. Lanczos, Bemerkung zur de Sitterschen Welt. S. 539.

K. Wegener u. K. Schneider, Versuche mit dem Pulfrichschen Kimmtiefenmesser im Flugzeug. S. 543.

W. Glitsch, Messung kleiner Kapazitäten nach dem Resonanz-Schwebungsverfahren. S. 544.

J. Weber, Über eine Methode zur quantitativen Bestimmung der Rotverschiebung. S. 548.

**Vorträge und Diskussionen des deutschen Physikertages in Leipzig vom 17.—24. September 1922:**

L. Zehnder, Sonne und Sonnenfleckenperioden. S. 550.

F. P. Liesegang, Neue optische Vorlesungsversuche. S. 552.

**Besprechungen:**

A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien. S. 553.

**Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1922/23.** S. 554.

**Personalien.** S. 560

**Gesuche.** S. 560.


## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Ein vereinfachendes Koordinatensystem für die Einsteinschen Gravitationsgleichungen.


Von Kornel Lanczos.


Für unendlich schwache Gravitationsfelder ist es bekanntlich zweckmäßig, ein Koordinatensystem einzuführen, welches den Bedingungen:

$$\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_s} - \frac{1}{2}\frac{\partial g_{ss}}{\partial x_i} = 0 \qquad (1)$$

genügt. Die Feldgleichungen ergeben dann für jedes $g_{ik}$ die Wellengleichung, bzw. bei imaginärer Zeitkoordinate die Potentialgleichung. Dieselbe Vereinfachung, die ein solches Koordinatensystem bietet, läßt sich in entsprechender Weise auch auf beliebige Felder übertragen. Ihr Wesen erkennen wir, wenn wir unser Augenmerk auf die Ableitungen 2. Ordnung richten. Es besteht darin, daß in den Ausdrücken für $R_{ik}$ je nur die 2-ten Differentialquotienten der einen Funktion $g_{ik}$ vorkommen, die anderen fallen durch die Forderung (1) heraus. Dasselbe kann nun auch im allgemeinen Fall erreicht werden, wie im folgenden gezeigt werden soll.

Die allgemeinen Ausdrücke für die Krümmungskomponenten lauten mit den gewohnten Bezeichnungen:

$$R_{ik} = \frac{\partial^2 \lg \sqrt{g}}{\partial x_i \partial x_k} - \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial x_s}\sqrt{g}\left\{\begin{matrix} ik \\ s \end{matrix}\right\} + \left| \begin{matrix} \\ \\ \end{matrix} \right. + \left\{\begin{matrix} ip \\ q \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} kq \\ p \end{matrix}\right\}. \left. \begin{matrix} \\ \\ \end{matrix} \right| \qquad (2)$$

(Die Buchstaben $s, r, p, q$ sollen immer als Summationsindizes gebraucht werden, die „festen" Indizes bezeichnen wir mit $i$ und $k$.) Die 3 Terme auf der rechten Seite sollen kurz als (I), (II), (III) benannt werden. Der Term (III) kommt vorderhand nicht in Betracht, da er keine 2-ten Ableitungen enthält. In (II) finden wir unter den 2. Ableitungen die Summe:

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial^2 g_{kr}}{\partial x_i \partial x_s} g^{rs}.$$

Wir schreiben hierfür:

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial g_{kr}}{\partial x_s} g^{rs}\right) + \frac{1}{2}\frac{\partial g_{kr}}{\partial x_s}\frac{\partial g^{rs}}{\partial x_i}$$

und verfahren analog für den Index $k$. Nehmen wir dann noch zum ersten Glied die Hälfte des Terms (I) hinzu, so resultiert dafür der Ausdruck:

$$\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial \sqrt{g}}{\partial x_k} - \frac{\partial g_{kr}}{\partial x_s} g^{rs}\right)$$

und nun fordern wir, daß die hier auftretenden 4 Summen:

$$\frac{\partial g_{ir}}{\partial x_s} g^{rs} - \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial \sqrt{g}}{\partial x_i} = 0 \qquad (3)$$

sein sollen. Daß läßt sich auch so formulieren:

$$g_{ir}\frac{\partial g^{rs}}{\partial x_s} + \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial \sqrt{g}}{\partial x_i} = 0 \qquad (4)$$

und durch Hinaufziehen des Index $i$ erkennen wir, daß die Forderung (3) äquivalent ist mit den Gleichungen:

$$\frac{\partial \sqrt{g}\, g^{is}}{\partial x_s} = 0, \qquad (5)$$

die auch mit Hilfe der Christoffelschen Symbole aufgeschrieben werden können in der Gestalt:

$$\left\{\begin{matrix} rs \\ i \end{matrix}\right\} g^{rs} = 0. \qquad (5\,a)$$

Erfüllt unser Koordinatensystem diese Bedingung, so reduziert sich der Term (I) und (II) auf:

$$\frac{1}{2}\Box g_{ik} + \frac{1}{2}\frac{\partial g_{ir}}{\partial x_s}\frac{\partial g^{rs}}{\partial x_k} + \frac{1}{2}\frac{\partial g_{kr}}{\partial x_s}\frac{\partial g^{rs}}{\partial x_i}. \quad (6)$$

Wir haben dabei vom Laplaceschen Operator $\Box$ Gebrauch gemacht, indem wir setzten:

$$\Box = g^{rs}\frac{\partial^2}{\partial x_r \partial x_s}. \quad (7)$$

Tatsächlich sind wir dazu berechtigt, denn in unserem Koordinatensystem gilt für eine skalare Funktion $\varphi$ der Ausdruck:

$$\Box\varphi = \operatorname{div}\operatorname{grad}\varphi = \frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial x_r}\sqrt{g}\,\frac{\partial\varphi}{\partial x_s}g^{rs} = g^{rs}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_r \partial x_s}. \quad (8)$$

Wir erkennen, daß in (6) die Ableitungen 2. Ordnung alle in $\Box g_{ik}$ enthalten sind, also sich auf die eine Funktion $g_{ik}$ beschränken. Wollen wir nun die resultierende Formel für $R_{ik}$ anschreiben, so müssen wir vorher die im Ausdruck (6) als 2. und 3. Glied auftretenden Summen mit dem Klammerausdruck (III) zu vereinigen suchen, da dieser aus Teilsummen derselben Art aufgebaut ist. Jedoch gelingt es nicht, alle Summen in einem einzigen Klammerausdruck zu vereinigen, dieses ist erst der Fall, wenn wir zu den kontravarianten Komponenten übergehen. Für die kovarianten Komponenten bleibt eine Summe gesondert übrig, indem wir hier folgende Form ansetzen können:

$$R_{ik} = \frac{1}{2}\Box g_{ik} + \begin{bmatrix} rp \\ i \end{bmatrix}\begin{bmatrix} sq \\ k \end{bmatrix} g^{pq}g^{rs} - \frac{\partial g_{ip}}{\partial x_r}\frac{\partial g_{kq}}{\partial x_s}g^{pq}g^{rs}. \quad (9)$$

Durch Hinaufziehen der Indizes $i$ und $k$ erhalten wir nun für die kontravarianten Komponenten die elegante Formel:

$$R^{ik} = -\frac{1}{2}\Box g^{ik} + \begin{Bmatrix} rp \\ i \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} sq \\ k \end{Bmatrix} g^{pq}g^{rs}. \quad (10)$$

Auch das skalare Krümmungsmaß läßt sich durch einen einfachen Ausdruck angeben, nämlich:

$$R = \Box\lg\sqrt{g} + \frac{1}{2}\begin{Bmatrix} rs \\ p \end{Bmatrix}\frac{\partial g^{rs}}{\partial x_p}. \quad (11)$$

Man kann leicht zeigen, daß für unendlich schwache Felder die Forderung (5) mit Gl. (1) übereinstimmt. Wir haben dann:

$$g_{ik} = \eta_i^k + \gamma_{ik}$$

($\eta_i^k$ der gemischte Einheitstensor), wo die $\gamma_{ik}$ kleine Größen bedeuten. Mit Vernachlässigung der Größen 2. Ordnung ist jetzt:

$$g_{ik} = \eta_i^k - \gamma_{ik}, \qquad \sqrt{g} = 1 + \tfrac{1}{2}\gamma \quad (\gamma = \gamma_{ss}). \quad (12)$$

und die Gl. (5) erscheint in der Form:

$$\frac{\partial\left(1 + \frac{1}{2}\gamma\right)(\eta_i^s - \gamma_{is})}{\partial x_s} = \frac{1}{2}\frac{\partial\gamma}{\partial x_i} - \frac{\partial\gamma_{is}}{\partial x_s} = 0,$$

was mit Gl. (1) identisch ist.

Wir untersuchen zum Schluß noch das statische kugelsymmetrische Gravitationsfeld eines Massenpunktes im Hinblick auf das betrachtete Koordinatensystem. Wie bekannt, wird dessen Charakter durch eine Transformation des Radiusvektors:

$$r = f(\bar{r}) \quad (13)$$

nicht geändert. Das Koordinatensystem läßt sich also nur bis auf eine willkürlich wählbare Funktion normieren. Durch die Forderung (5) wird diese Willkür gehoben und das Koordinatensystem eindeutig festgelegt.

Aus der Kugelsymmetrie folgt, daß wir auf alle Fälle den Ansatz machen können:

$$\sqrt{g}\,g^{ik} = P\eta_i^k + Q\,x_i x_k \quad (i, k = 1, 2, 3), \quad (14)$$

wo $P$ und $Q$ Funktionen von $r$ sind. Unsere Bedingungen, von denen hier nur die ersten 3 in Frage kommen, da die 4. a priori erfüllt ist, fordern nun zu ihrem Bestehen die Beziehung:

$$r^2\dot{P} + (r^4 Q) = 0. \quad (15)$$

(Die Punkte bedeuten Ableitungen nach $r$.)

Für das Koordinatensystem, welches der Schwarzschildschen Lösung zugrunde liegt, ist diese Forderung nicht erfüllt. Dort haben wir:

$$P = 1, \quad Q = -\frac{\alpha}{r^3}$$

($\alpha$ die Konstante der Maßbestimmung), während bei $P = 1$ im Nenner von $Q$ die 4. Potenz von $r$ stehen müßte. Es ist jedoch außerordentlich einfach, die Beziehung zum hier untersuchten Koordinatensystem herzustellen. Wir brauchen nur den Radiusvektor um einen konstanten Betrag abzuändern. Gehen wir vom Schwarzschildschen zu einem überstrichenen System über durch die Transformation:

$$r = \bar{r} + \frac{\alpha}{2}, \quad (16)$$

so ist im neuen System:

$$P = 1, \quad Q = -\frac{\alpha^2}{4r^4}$$

und damit die Bedingung (15) und auch die Gl. (5) erfüllt. Die Maßbestimmung lautet in diesem System (die Zeit in Zentimeter gemessen):

$$ds^2 = \left(1 + \frac{\alpha}{2r}\right)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2) + \frac{\alpha^2}{4r^2}\frac{r + \frac{\alpha}{2}}{r - \frac{\alpha}{2}}dr^2 - \frac{r - \frac{\alpha}{2}}{r + \frac{\alpha}{2}}dt^2. \quad (17)$$

Es ist bemerkenswert, daß dieses Feld im Nullpunkt einen singulären Charakter aufzeigt und auch die Determinante hier $\infty$ wird, während die entsprechende Stelle im ursprünglichen System: $r = \frac{\alpha}{2}$, durchaus regulär ist. Das ist nicht weiter wunderzunehmen, wenn man bedenkt, daß die ganze Kugel $r = \frac{\alpha}{2}$ in einen Punkt, den neuen Nullpunkt, transformiert wird. Aber auch dieses Beispiel zeigt, wie wenig man aus dem singulären Verhalten der $g_{ik}$-Funktionen auf eine tatsächliche Singularität des Feldes schließen darf, da dieselbe durch eine Transformation der Koordinaten möglicherweise gehoben werden kann[1]).

1) Zur Ergänzung sei noch eine Bemerkung gemacht in bezug auf die Behauptung, es werde durch die Forderung (5) die willkürliche Funktion (13) „eindeutig" bestimmt, was genau genommen nicht richtig ist. Man bekommt aus der Bedingung (13) für die Funktion $f(\bar{r})$ eine Differentialgleichung 2. Ordnung, deren Lösung also 2 willkürliche Konstanten enthalten muß. Die eine von diesen ist jedoch ohne Belang, da sie nur eine Ähnlichkeitstransformation bedingt, also einer Änderung der Maßeinheit gleichkommt. Was die andere betrifft, so kann man die Funktion $f(\bar{r})$ für hinreichend große Radien in eine nach negativen Potenzen des Radius ansteigende Reihe entwickeln, die folgendermaßen aussieht:

$$f(\bar{r}) = \bar{r} + \frac{\alpha}{2} + \frac{c}{\bar{r}^2}\left(1 + \frac{3}{2}\frac{\alpha^2}{\bar{r}^2} - \frac{16}{9}\frac{c}{\bar{r}^3} + \cdots\right), \quad (18)$$

wobei $c$ eine beliebige Konstante bedeutet. Setzen wir aber diese von 0 verschieden voraus, so bekommen wir auch für den Grenzfall $\alpha = 0$, also für den materielosen, rein euklidischen Raum eine mit den Bedingungen verträgliche Transformation. Es ist jedoch plausibel, diese auszuschalten, indem man für den euklidischen Raum die Normalform mit konstanten Koeffizienten fordert. Dann muß $c = 0$ sein und es resultiert tatsächlich als einzige Möglichkeit das oben besprochene Koordinatensystem.

Freiburg i. B., Physikalisches Institut, Oktober 1922.

(Eingegangen 28. Oktober 1922.)

## Bemerkung zur de Sitterschen Welt.

Von Kornel Lanczos.

Bekanntlich wurde von de Sitter eine Lösung für die sogenannten „kosmologischen" Gleichungen:

$$R_{ik} - \lambda g_{ik} = -\varkappa T_{ik} \quad (1)$$

angegeben, bei welcher der Tensor der Materie: $T_{ik}$ überall verschwindet[1]). Dem letzteren Umstand zufolge wurde diese Lösung von Einstein aus physikalischen Gründen abgelehnt[2]), denn mit dem Verschwinden jeder Materie muß auch das Feld verschwinden, wenn die „Trägheit" der Materie einen rein relativen Charakter haben soll. Es wurde dann die Frage von Weyl in mathematischer Hinsicht untersucht[1]), wobei sich zeigte, daß auch die de Sittersche Welt in Wirklichkeit nicht masseleer ist. Es gibt nämlich in ihr ein Gebiet, wo das Linienelement einen singulären Charakter aufzeigt, und um dieser Singularität zu entgehen, kann man eine beliebig dünne Zone um dieses Gebiet herum aus dem Feld herausschneiden, muß aber dann an ihre Stelle eine mit Materie erfüllte Zone setzen. Es zeigt sich nun, daß die Gesamtmasse einer festen Grenze zustrebt, wenn die Dicke der Schicht unendlich klein wird; das bedeutet aber, daß das singuläre Grenzgebiet einer Schicht von flächenhaft verteilter Materie gleichkommt.

Dieses Resultat ist sehr überraschend. Die de Sittersche Lösung der Differentialgleichungen:

$$R_{ik} - \lambda g_{ik} = 0 \quad (2)$$

stellt ja gerade ihre Fundamentallösung vor, in welcher alle Richtungen gleichwertig und alle Punkte regulär sind und spielt für diese Gleichungen dieselbe Rolle, wie die euklidische Geometrie für die Gleichungen $R_{ik} = 0$. Sie läßt sich darstellen als eine Kugel in einem 5-dimensionalen euklidischen Raum, nur **muß eine** Koordinate noch mit der imaginären Einheit multipliziert werden („Pseudokugel"):

$$x^2 + y^2 + z^2 + u^2 - v^2 = 1, \quad (3)$$

wenn wir die 5 Koordinaten mit $x, y, z, u, v$ bezeichnen und den Radius dieser Kugel der Einfachheit halber $= 1$ setzen, was der Wahl $\lambda = 3$ für den Weltparameter entspricht[2]).

Um das de Sittersche Linienelement zu erhalten, geben wir dieser Kugel die folgende Parameterdarstellung[3]):

1) de Sitter, Proc. Acad. Amsterdam **20**, 1917.
2) Einstein, Sitzungsber. d. preuß. Akademie d. Wiss. 1918, S. 270.

1) Weyl, diese Zeitschr. **20**, 31—34, 1919.
2) Bei Weyl irrtümlich $\lambda = 6$.
3) Siehe Klein, Götting. Nachr. 1918, S. 421. Dieser Ansatz ist übrigens an die Bedingung $u^2 > v^2$ gebunden. Wollen wir den gesamten möglichen Variabilitätsbereich der 5 Koordinaten umfassen, so können wir folgende Darstellung wählen (Polarkoordinaten):

$$\left.\begin{aligned} x &= \cos it \cos\varphi \cos\psi \cos\chi, \\ y &= \cos it \cos\varphi \cos\psi \sin\chi, \\ z &= \cos it \cos\varphi \sin\psi, \\ u &= \cos it \sin\varphi, \\ iv &= \sin it. \end{aligned}\right\}$$

In diesem System hat das Linienelement folgende Form:

$$ds^2 = -dt^2 + \frac{(e^t + e^{-t})^2}{4}(d\varphi^2 + \cos^2\varphi\, d\psi^2 + \cos^2\varphi \cos^2\psi\, d\chi^2).$$

Deuten wir wieder $t$ als die Zeit, die anderen 3 als räumliche Polarkoordinaten, so erhalten wir auch hier eine räumlich geschlossene Welt überall konstanter Krümmung,

$$\left.\begin{aligned} x &= \cos\varphi\cos\psi\cos\chi, \\ y &= \cos\varphi\cos\psi\sin\chi, \\ z &= \cos\varphi\sin\psi, \\ u &= \sin\varphi\cos it, \\ iv &= \sin\varphi\sin it. \end{aligned}\right| \qquad (4)$$

Da nun alle Punkte dieser Pseudokugel gleichwertig und regulär sind, kann eine etwaige Singularität des Linienelementes nur von dem benutzten Koordinatensystem herrühren. Die Behauptung Weyls aber, daß auf dem Gebiet $\varphi = 0$, also auf der Kugel:

$$x^2 + y^2 + z^2 = 1$$

eine materielle Schicht auftritt, ist eine vom angewandten Koordinatensystem durchaus unabhängige Aussage und bedeutet eine Singularität, die durch Transformation nicht gehoben werden kann. Hier ist ein offenbarer Widerspruch vorhanden[1]), dessen Aufklärung im folgenden versucht werden soll. Ich habe die Resultate Weyls nicht bestätigt gefunden, obwohl ich außer der Anwendung eines einfachen allgemeinen Weges auch an Hand der bei ihm gemachten Annahmen die Rechnung durchgeführt habe.

Es sollen vor allem einige allgemeine Bemerkungen über flächenhaft verteilte Materie überhaupt vorausgeschickt werden. Die Untersuchung dieser Frage schien mir von prinzipieller Bedeutung zu sein, insbesondere für eine Auffassung der Materie als Singularität des Feldes. Während nämlich Singularitäten, wo die $g_{ik}$-Funktionen unendlich werden, einer geometrischen und physikalischen Interpretation nicht gut zugänglich sind, — sollten sie nicht überhaupt nur scheinbare Singularitäten sein, die durch eine entsprechende Koordinatentransformation fortgeschafft werden können — liegen die Verhältnisse bei flächenhaft verteilten Singularitäten („Fläche" im Sinne der Weltgeometrie gedacht, also ein Gebilde von 3 Dimensionen), wo die $g_{ik}$-Funktionen endlich und stetig bleiben, in ihren nach der Normale genommenen Ableitungen aber einen Sprung erleiden: wesentlich günstiger und auch für die mathematische Behandlung klar zu überblicken. Eine solche Singularität bedeutet eben in physikalischer Beziehung nichts anderes, als flächenhaft verteilte Materie. In geometrischer Beziehung kann man vom Auftreten einer „Kante" reden, wenn man sich nämlich die untersuchte Geometrie auf einer $n$-dimensionalen Fläche realisiert denkt, die in einen $n+1$-dimensionalen regulären Raum eingebettet ist. Nimmt man zum Beispiel im gewöhnlichen 3-dimensionalen euklidischen Raum 2 kongruente Kegel und legt diese in entgegengesetzter Stellung mit ihrer Basis aufeinander, so besteht sowohl auf dem oberen, wie auf dem unteren Kegel die euklidische Geometrie (die Spitzen sind keine singulären Stellen!), auf der Kante aber, wo sie sich schneiden, haben wir flächenhaft — d. h. hier linienhaft — verteilte Materie. Die $g_{ik}$-Funktionen der Maßbestimmung gehen nämlich an der Grenze wohl stetig ineinander über, ihre Ableitungen aber nach einer Richtung, welche nicht gerade in die Kante selber fällt, nähern sich 2 verschiedenen Grenzwerten, wenn wir sie einmal auf dem oberen, dann auf dem unteren Kegel bilden.

Indem hier die mathematische Ausarbeitung, welche keinerlei prinzipielle Schwierigkeiten aufweist, überschlagen werden soll, will ich nur die allgemeinen Resultate angeben.

1. Wir denken uns die fragliche Fläche gegeben durch die Gleichung:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0.$$

Wir führen den Vektor der Normale: $\nu_i$ ein, mit der Länge 1:

$$\nu_i = \frac{1}{\Gamma}\frac{\partial F}{\partial x_i},$$

wo der Faktor $\frac{1}{\Gamma}$ bestimmt wird durch die Forderung:

$$\nu_s \nu^s = 1.$$

Es ergibt sich daraus:

$$\Gamma = |\operatorname{grad} F| = \sqrt{g^{rs}\frac{\partial F}{\partial x_r}\frac{\partial F}{\partial x_s}}.$$

Das Vorzeichen der Quadratwurzel bestimmt die Richtung der Normale. Wir nehmen diese immer nach dem Inneren des betrachteten Gebietes weisend an.

Bilden wir die Ableitungen der $g_{ik}$ nach einer Koordinate $x_l$ auf der einen und anderen Seite der Fläche $F$ und nehmen die Differenz, so bekommen wir die Komponenten eines Tensors 3. Grades, den wir mit $g_{ikl}$ bezeichnen:

$$g_{ikl} = \left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_l}\right)' - \left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_l}\right)''.$$

Er läßt sich aber auf einen Tensor 2. Grades zurückführen, denn man kann setzen:

$$g_{ikl} = 2 G_{ik} \nu_l'. \qquad (A)$$

Den hierdurch eingeführten Tensor $G_{ik}$ bezeichnen wir als „metrische Belegung". Er berechnet sich aus der Gleichung:

deren Krümmungsradius aber sowohl für positive als für negative Zeiten monoton ins Unendliche wächst. Es ist interessant zu beobachten, wie ein und dieselbe Geometrie in ganz verschiedener physikalischer Interpretation erscheinen kann, je nach der Wahl des Koordinatensystems und wie die einzelnen Koordinaten gedeutet werden.

1) Auch von Klein vermutet, siehe l. c. am Schluß.

$$G_{ik} = \frac{1}{2} g_{ik_s} \nu^s = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{ik}'}{\partial x_s} \nu^{s'} + \frac{\partial g_{ik}''}{\partial x_s} \nu^{s''}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial \nu'} + \frac{\partial g_{ik}}{\partial \nu''}\right). \quad \text{(B)}$$

Dieses arithmetische Mittel aus den Ableitungen nach den beiden (entgegengesetzt gerichteten) Normalenrichtungen nennen wir kurz: „Ableitung nach der Normale" und schreiben dafür auch:

$$\frac{\partial g_{ik}}{\partial \nu}.$$

2. Die metrische Belegung steht in naher Beziehung zur „materiellen Belegung" — d. h. dem Tensor $T_{ik}$ der flächenhaft verteilten Materie — ist aber nicht identisch mit ihm. Es gibt vielmehr eine Art metrischer Belegung, welche keine Materie erzeugt. Eine solche (und nur eine solche) läßt sich nämlich durch bloße Koordinatentransformation erzeugen und ebenso auch wegschaffen, bildet also keine wahre Singularität. Sie hat immer die Form:

$$G_{ik} = V_i \nu_k + V_k \nu_i, \quad \text{(C)}$$

wo $V_i$ einen beliebigen Vektor bedeutet. Wir sprechen dann von einer „scheinbaren" Belegung. Durch Hinzufügen einer solchen läßt sich bei passender Wahl des Vektors $V_i$ immer eine „Normalform" der Belegung erreichen. Darunter verstehen wir das Erfülltsein folgender vektoriellen Bedingung:

$$(G_i^s - \tfrac{1}{2}\eta_i^s G)\,\nu_s = 0 \quad \text{(D)}$$

($\eta_i^k$ der fundamentale Einheitstensor, $G = G_s^s$.) In der Normalform sind scheinbare Belegungen ausgemerzt. Für die Form (C) würde nämlich $V_i = 0$ folgen[1]).

3. Liegt die metrische Belegung in der Normalform vor, so bestimmt sich der Materietensor $T_{ik}$, die „materielle Belegung", nach folgender Beziehung:

$$\varkappa T_i^k = G_i^k - \tfrac{1}{2}\eta_i^k G. \quad \text{(E)}$$

4. Der Tensor der Materie steht senkrecht zur Normale $\nu$, d. h. es besteht die „Orthogonalitätsgleichung":

$$T_i^s \nu_s = 0. \quad \text{(F)}$$

Außerdem erfüllt er die „Divergenzgleichung" in folgender Form:

$$\operatorname{div} I'T = 0. \quad \text{(G)}$$

In dieser Gleichung treten auch die Größen $\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_l}$ auf, die auf beiden Seiten der Fläche verschiedene Werte haben. Man hat das arithmetische Mittel der beiden Werte einzusetzen.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen wenden wir uns unserer zu untersuchenden Frage zu, wobei die hier dargelegten Prinzipien zur Anwendung kommen. Wir schreiben das de Sittersche Linienelement in den Koordinaten (4) auf:

$$ds^2 = d\varphi^2 + \cos^2\varphi\,(d\psi^2 + \cos^2\psi\, d\chi^2) - \sin^2\varphi\, dt^2 \quad (5)$$

und numerieren die Koordinaten $\varphi, \psi, \chi, t$ der Reihe nach mit 1, 2, 3, 4. Die Funktionen $g_{ik}$ sind überall regulär, an der Stelle $\varphi = 0$, wo der „Massenhorizont" auftreten soll, ist keine andere Singularität zu bemerken, als daß die Determinante $= 0$ wird, was aber auch für $\psi = \frac{\pi}{2}$ der Fall ist und überhaupt bei Anwendung von Polarkoordinaten immer vorkommt, ohne eine wahre Singularität zu bedeuten. Zur Prüfung des Weylschen Resultates schneiden wir eine schmale Zone zwischen $\varphi = \varepsilon$ und $\varphi = -\varepsilon$ heraus und schieben dann die dadurch getrennten beiden Halbkugeln wieder zusammen. Dann entsteht eine Kante, was einer flächenhaft verteilten Materie gleichkommt, und wir wollen die Dichte der auftretenden Masse berechnen.

Zu diesem Zwecke setzen wir an Stelle von $\varphi : \varphi + \varepsilon$ auf der oberen und $\varphi - \varepsilon$ auf der unteren Halbkugel. Wir haben dann das Linienelement:

$$ds^2 = d\varphi^2 + \cos^2(\varphi \pm \varepsilon)\,(d\psi^2 + \cos^2\psi\, d\chi^2) - \sin^2(\varphi \pm \varepsilon)\, dt^2, \quad (6)$$

wo das $+$-Zeichen zu nehmen ist für $\varphi \geq 0$, das $-$-Zeichen für $\varphi \leq 0$. Die singuläre Fläche hat jetzt die Gleichung $\varphi = 0$ und die Komponenten der Normale sind:

$$\nu_1 = \nu^1 = 1, \text{ alle übrigen } \nu_i = 0.$$

Wir berechnen die Größe:

$$G_{44} = \frac{\partial g_{44}}{\partial \nu} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{44}}{\partial \nu'} + \frac{\partial g_{44}}{\partial \nu''}\right)$$

und finden dafür:

$$G_{44} = -\sin 2\varepsilon,$$

also ist:

$$G_4^4 = G_{44} g^{44} = \frac{\sin^2 2\varepsilon}{\sin^2 \varepsilon},$$

was für kleine $\varepsilon$ ergibt:

$$G_4^4 = \frac{2}{\varepsilon}.$$

Die übrigen $G_i^k$ sind demgegenüber mit $\varepsilon$ proportionale Größen und können somit vernach-

1) Genügt das zugrunde gelegte Koordinatensystem der vektoriellen Bedingung:

$$\frac{\partial \sqrt{g}\, g^{is}}{\partial x_s} = 0$$

(siehe Lanczos: Ein vereinfachendes Koordinatensystem für die Einsteinschen Gravitationsgleichungen, diese Zeitschr. **23**, 537, 1922), so ist die Forderung (D) a priori erfüllt.

lässigt werden. Um nun die Belegung in die Normalform zu bringen, können wir im Sinne der Gl. (C) über $G_1^1$ frei verfügen und finden, daß wir zu setzen haben:

$$G_1^1 = G_4^4 = \frac{2}{\varepsilon}.$$

Wir erhalten also für den Skalar $G = G_\varepsilon'$ den Wert:

$$G = \frac{4}{\varepsilon}. \tag{7}$$

Die Massendichte strebt also für $\varepsilon = 0$ keinem konstanten Wert zu, sondern wächst über alle Grenzen.

Dieses Resultat ist natürlich unabhängig vom gebrauchten Koordinatensystem. Fragt man nun nach dem Grund des Widerspruches gegenüber der Weylschen Untersuchung, so könnte man vorerst vermuten, daß vielleicht an der Grenze der von Weyl angenommenen Flüssigkeitszone zum leeren Raum eine Flächenschicht auftritt. Die Ableitung der Funktion $g_{11}$ und auch der Determinante $g$ nach der Normale erleidet nämlich hier einen Sprung. Es zeigt sich aber, daß das nicht der Fall ist. Denn die Diskontinuität in der Ableitung von $g_{11}$ bedingt nur eine scheinbare Belegung, während die Funktion $g_{44}$, auf die es hier ankäme, sich auch in ihrer Ableitung als stetig erweist. Anders liegt nun die Sache in der Mitte der Zone, am Äquator.

Wir führen im Anschluß an das von Weyl gebrauchte Koordinatensystem an Stelle des Winkels $\varphi$ den Radius $r$ als Variable ein. Wir haben nach Gl. (4) zu setzen:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \cos\varphi$$

und bekommen dann für den leeren Raum das Linienelement:

$$ds^2 = \frac{dr^2}{1 - r^2} + r^2(d\psi^2 + \cos^2\psi\, d\chi^2) - (1 - r^2)\, dt^2.$$

Um aber auch das Linienelement in der Flüssigkeit zu umfassen, schreiben wir mit den Bezeichnungen Weyls:

$$ds^2 = h^2 dr^2 + r^2(d\psi^2 + \cos^2\psi\, d\chi^2) - f^2 dt^2,$$

wo $h$ und $f$ Funktionen von $r$ sind. Der Radius $r$ wächst bis zu einem gewissen maximalen Wert $r_m$, um dann auf der anderen Seite des Äquators wieder abzunehmen. Wenn nun die Ableitung von $f$ am Äquator nicht 0 ist, so erleidet sie da offenbar einen Sprung, weil sie einmal mit positivem, einmal mit negativem Vorzeichen zu nehmen ist. Wir haben daher am Äquator, wenn wir die Ableitung nach $r$ mit oben Punkt bezeichnen:

$$G_{44} = g_{11}\, p^1 = \frac{2\dot{f}}{h},$$

denn es ist $p^1 = -\frac{1}{h}$. Ferner wird:

$$G_4^4 = -\frac{2\dot{f}}{fh} = -\frac{2\dot{f}}{\Delta} \qquad (\Delta = fh). \tag{8}$$

Zur Auswertung dieses Ausdruckes können wir mit Umgehung der komplizierten Rechnung Weyls die uns zu Gebote stehenden Gleichungen direkt anwenden, da wir uns gleich im voraus nur auf eine sehr schmale Zone beschränken wollen. Wir haben[1]) einerseits einen expliziten Ausdruck für $h$:

$$\frac{1}{h^2} = 1 - r^2 + \frac{\mu}{3}\left(\frac{r_0^3}{r} - r^2\right), \tag{9}$$

andererseits für $\Delta$ die Differentialgleichung:

$$\dot{\Delta} = \frac{\mu}{2h_0} h^3 r, \tag{10}$$

$\mu$ ist die überall konstante Dichte der angenommenen inkompressiblen Flüssigkeit und der Index o bezieht sich auf die Grenze der Zone, woselbst der Radius sei:

$$r_0 = 1 - \sigma_0.$$

Der Maximalwert von $r: r_m$ ist nach Weyl durch das Verschwinden von $\frac{1}{h^2}$ charakterisiert. Führen wir eine kleine Größe $\alpha$ ein, indem wir setzen:

$$r = r_m - \alpha,$$

so läßt sich $\frac{1}{h^2}$ in eine Potenzreihe in der Umgebung von $r_m$ entwickeln, deren absolutes Glied der Definition von $r_m$ gemäß verschwindet. Der entscheidende Punkt, durch den die ganze Rechnung sehr vereinfacht wird, ist nun der, daß es genügt, von dieser Reihe nur das erste Glied in Betracht zu ziehen — mag $\mu$ noch so klein gewählt sein. Denn der größte Wert von $\alpha : \alpha_0$ ist um eine Größenordnung — nämlich um den Faktor $\sigma_0$ — immer noch kleiner. Wir können also setzen:

$$\frac{1}{h^2} = -\left[\frac{d}{dr}\left(\frac{1}{h^2}\right)\right]_{r=r_m} \alpha = \mu\left(1 + \frac{2}{\mu}\right)(1 - \sigma_0)\,\alpha \tag{11}$$

und daraus folgt, da an der Grenze $\frac{1}{h^2}$ in den Wert für den leeren Raum übergehen muß:

$$\mu\alpha_0 = 2\sigma_0. \tag{12}$$

Für $\Delta$ bekommen wir, indem wir den Näherungswert für $h$ in Gl. (10) einsetzen, durch Integration:

$$\Delta = \frac{1}{1 + \frac{2}{\mu}}\sqrt{\frac{\alpha_0}{\alpha}} + C, \tag{13}$$

1) Siehe Weyl, l. c. S. 31, Gl. (4), (5) u. (6).

wo die Konstante $C$ so zu bestimmen ist, daß für $\alpha = \alpha_0 : A = 1$ wird. Würde diese Konstante $= 0$ sein, so würde auch die Flächenschicht am Äquator verschwinden. Tatsächlich will Weyl das $\mu$ aus dieser Forderung bestimmt wissen. In Wirklichkeit läßt sie sich aber nicht erfüllen, wie groß man auch $\mu$ wählen mag. Wir haben vielmehr:

$$C = \frac{2}{\mu}. \tag{14}$$

Ferner ist:

$$f = A\frac{1}{h} = C\sqrt{\mu\alpha} + \text{const},$$

also:

$$-\dot{f} = \frac{C\sqrt{\mu}}{2\sqrt{\alpha}}$$

und die so gefundenen Werte in Gl. (8) eingesetzt, erhalten wir:

$$G_i^4 = -\frac{2\dot{f}}{A} = C\sqrt{\frac{\mu}{\alpha_0}} = \frac{2}{\sqrt{\mu\alpha_0}}.$$

Da aber:

$$\mu\alpha_0 = 2\sigma_0$$

ist, so wird unabhängig von $\mu$:

$$G_i^4 = \frac{2}{\sqrt{2\sigma_0}}. \tag{15}$$

Nun haben wir zur Normierung der Belegung wieder $G_i = G_i^4$ anzunehmen, und das Resultat ist schließlich:

$$G = \frac{4}{\sqrt{2\sigma_0}}. \tag{16}$$

Der Zusammenhang zwischen dem jetzt gebrauchten $\sigma_0$ und dem früheren $\varepsilon$ wird hergestellt durch die Beziehung:

$$r = \cos\varphi,$$

also:

$$1 - \sigma_0 = 1 - \frac{\varepsilon^2}{2},$$

$$\varepsilon = \sqrt{2\sigma_0}.$$

Es zeigt sich also, daß die am Äquator auftretende Flächenschicht schon den ganzen Betrag jener Masse liefert, die wir oben auf direktem Wege bestimmt haben, wie wir auch $\mu$ wählen mögen. Das führt zur überraschenden Folgerung, daß die räumlich verteilte Materie überhaupt keinen namhaften Beitrag liefern kann und sollte ihre Dichte noch so groß sein. In der Tat finden wir das bestätigt. Das Volumen der Zone ist nämlich proportional zu:

$$\int_0^{\alpha_0} h\,d\alpha = \frac{\sqrt{\alpha_0}}{2\sqrt{\mu}},$$

und die Multiplikation mit $\mu$ ergibt:

$$\frac{\sqrt{\mu\alpha_0}}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{2\sigma_0}.$$

Das Wachsen der Dichte wird kompensiert durch Verengerung der Zone und die Gesamtmasse konvergiert mit $\sigma_0$ gegen o. Auch in diesem Punkte scheint die Weylsche Berechnung, welche einen endlichen Grenzwert liefert, nicht stichhaltig zu sein.

Es ist befremdend, daß die hier untersuchte flächenhafte Singularität mit verschwindendem $\varepsilon$ nicht gegen o zustrebt, sondern ins Unendliche wächst, trotzdem das Gebiet $\varepsilon = o$ als durchaus regulär anzusehen ist. Man denkt an eine Kugel, aus der man um den Äquator herum einen kleinen Streifen herausschneidet und nun die beiden Hälften wieder aneinander schiebt. Die entstehende Kante wird umso flacher, je schmäler der herausgeschnittene Streifen ist und verschwindet für $\varepsilon = o$. Doch liegen die Zusammenhangsverhältnisse hier anders. Trotzdem kann man am Beispiel der Kugel auch den hier behandelten Fall anschaulich machen. Das Linienelement der Kugel:

$$ds^2 = d\varphi^2 + \sin^2\varphi\, d\psi^2$$

zeigt dasselbe Verhalten, aber nicht für $\varphi = \frac{\pi}{2}$, was dem Äquator entsprechen würde, sondern für $\varphi = o$, also am Pol. Es ändert sich aber $\varphi$ nur zwischen o und $\pi$. Damit $\varphi$ auch unter o kommen kann, stellen wir über diese Kugel noch eine ihr kongruente, so daß sie sich am Pol berühren. Schneiden wir nun um den Pol herum von beiden Kugeln je eine kleine Kalotte ab und vereinigen sie wieder, so entsteht eine Kante, die sehr scharf ist und umso spitzer wird, je kleiner das abgeschnittene Gebiet. Die Singularität wächst also tatsächlich mit abnehmendem $\varepsilon$ immer mehr, trotzdem der Pol: $\varepsilon = o$ ein regulärer Punkt ist.

Freiburg i. B., Physikalisches Institut, Oktober 1922.

(Eingegangen 28. Oktober 1922.)

## Versuche mit dem Pulfrichschen Kimmtiefenmesser im Flugzeug.

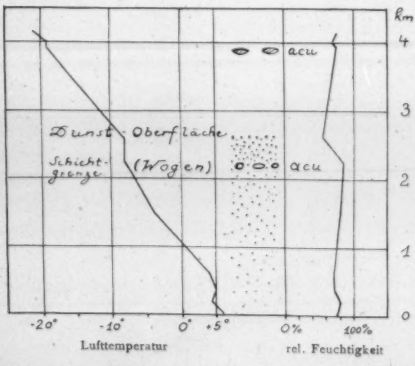
Von Kurt Wegener und Karl Schneider

Der Kimmtiefenmesser von Pulfrich spiegelt den Horizont von zwei entgegengesetzten Richtungen in das Gesichtsfeld eines Fernrohres. Das eine spiegelnde Prisma ist drehbar. Man dreht, bis die beiden Horizonte zur Deckung kommen, und liest die Drehung (doppelte Kimmtiefe) ab, erhält also unmittelbar die Kimmtiefe.

Befindet man sich in der Luft über einer scharf nach oben begrenzten Dunstschicht, so sieht man einen klaren Dunsthorizont, und kann die Höhe desselben über dem Meeresniveau aus der Kimmtiefe und der barometrisch gemessenen Höhe des Flugzeugs bestimmen. In geringer Höhe über dem Dunsthorizont ist man in ähnlicher Lage, wie in einem kleinen Fahrzeug bei grober See. Man sieht keinen klaren Horizont, weil unregelmäßige Dunstschwaden in ungefähr gleicher Höhe ihn verwaschen erscheinen lassen. In großer Höhe über der Dunstoberfläche wieder tritt zwischen das Auge und den dann sehr weit entfernten Horizont die geringe Trübung der oberen Schicht. Dazwischen liegt ein Optimum, das charakteristisch ist für die Trübung der oberen Schicht, meist etwa 300 m über der Dunstoberfläche.

Herr Hans Maurer war so freundlich, uns leihweise aus den Beständen der Marine ein Instrument zu überlassen, mit dem wir in den Flugzeugen des Observatoriums Lindenberg Sommer 1922 Versuche machten.

1. Ergebnisse. Es zeigte sich, daß die Dunstoberfläche nicht, wie eigentlich erwartet wurde, mit der tiefsten Temperatur an der Oberfläche der dunsterfüllten Schicht zusammenfiel, sondern darüber hinausreichte, sobald die tiefste Temperatur eine Gleitfläche zwischen der dunsterfüllten unteren, und der dunstarmen oberen Schicht bildete. Eine typische Zustandskurve sei mitgeteilt.




Flugzeugaufstieg in Adlershof. 24. IV. 22. 8a.

In der Übergangsschicht, dem wogenden Teil der oberen Schicht, treten stets lebhafte, ungefähr vertikale Schwingungen der Luft auf, die wohl den Anfang der Wogenbildung ausmachen und von der Reibung an der Gleitfläche herrühren. Diese Schwingungen entsprechen offenbar den Unregelmäßigkeiten auf der Dünung der See, sind aber nicht turbulent, da in der Atmosphäre die Schicht, in der sie auftreten, stabil ist. Vermutlich wird durch diese Schwingungen der Dunst verhindert, abzusinken.

2. Instrumentelles. Für Luftfahrzwecke ist der Meßbereich des Instruments zu klein ($\pm 13'$, entsprechend einer Höhe von etwa 80 m über dem Horizont). Man muß bis zu einer Höhe von mindestens 1000—2000 m über dem Horizont die Kimmtiefe messen können.

Die Helligkeitsunterschiede zwischen dem Himmel und der Dunstschicht sind in den meisten Fällen sehr gering. Schiebt man nun das Bild des gegenüberliegenden Horizontes über das andere hinüber, so verschwindet oft die Grenze, eine Einstellung wird unmöglich. Nun erscheint zwar der Dunst gegen die Sonne gesehen um ebensoviel heller zur Umgebung, als er mit der Sonne gesehen dunkler erscheint, in diesem Falle liegen im Instrument, das die gegenüberliegenden Horizonte umgekehrt zur Deckung bringt, die dunkle Fläche des einen Horizontes über der dunklen des anderen. Auch dieser Fall ermöglicht keine gute Einstellung, da die absoluten Helligkeiten mit der Sonne und gegen die Sonne zu stark verschieden sind, sich durch Abblenden auch kaum ausgleichen lassen, wodurch das eine Bild häufig ganz verschwindet.

Die günstigste Beobachtung erhält man senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen. Es ist fernerhin besser, die Bilder der beiden gegenüberliegenden Horizonte nebeneinander zu setzen, so daß einer die Fortsetzung des anderen bildet. Das Gesichtsfeld des Instrumentes darf nicht zu klein sein.

(Eingegangen 10. Oktober 1922.)

## Messung kleiner Kapazitäten nach dem Resonanz-Schwebungsverfahren.

Von W. Glitsch.

Die Möglichkeit, mit Hilfe der Kathodenröhre Schwingungen von größter Beständigkeit der Scheitelwerte und der Wechselzahl zu erzeugen, bedingte alsbald die Ausbildung von Verfahren zur Messung kleiner und kleinster Kapazitäten bzw. Kapazitätsänderungen, die nach den sonst bei Kapazitätsmessungen gebräuchlichen Verfahren kaum oder nur ungenau zu ermitteln waren. Es sei hier nur hingewiesen auf die Veröffentlichung von Pungs und Preuner in dieser Zeitschrift 1919, auf die Mitteilung von J. Herweg in den „Verhandl.

d. Deutsch. Phys. Gesellschaft" 1919 und auf die Arbeit von W. Hammer in den „Berichten der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B., XXII, 1920". Alle diese Verfahren und auch das im folgenden zu behandelnde Verfahren beruhen darauf, daß die Eigenschwingungszahl eines elektrischen Schwingungskreises sich ändert, sobald eine Änderung der Kapazität, etwa durch Zuschalten der unbekannten Kapazität, eintritt. Sind z. B. in Fig. 1 I und II zwei hochfrequente Schwingungskreise, so wird in dem aperiodischen Kreis III, der Telephon und Detektor enthält und mit I und II lose gekoppelt ist, kein Ton

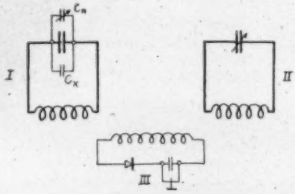



Fig. 1.

im Telephon wahrzunehmen sein, wenn die Kreise I und II dieselbe Periodenzahl haben. Wird jedoch in Kreis I die Kapazität vergrößert durch Zuschalten einer Kapazität $C_x$, so ändert sich damit die Periodenzahl dieses Kreises; im Tonkreis III tritt eine Schwebungsfrequenz

$$\nu_s = \nu_2 - \nu_1$$

auf, wenn $\nu_1$ und $\nu_2$ die Periodenzahlen der Kreise I und II sind. Auf der Beobachtung dieser Schwebungsfrequenz beruht nun die Kapazitätsmessung. Bei den Verfahren von Pungs und Preuner wird diese Schwebungsfrequenz mit Stoppuhr und Gehör bestimmt: sie kann auch oszillographisch ermittelt werden. Vom Verfasser wurde die von Pungs und Preuner angegebene Schaltung dahin abgeändert, daß statt eines besonderen aperiodischen Kreises die eine Senderöhre gleichzeitig als Detektor mit-

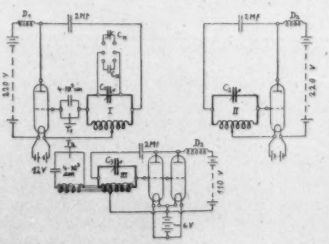


Fig. 2.

benutzt wurde (siehe Fig. 2, links). Zu dem Zweck liegt das Telephon im Gitterkreis der Röhre; parallel zum Telephon ist ein Blockkondensator von 4000 cm geschaltet, um den Hochfrequenzschwingungen einen freien Weg zum Gitter zu bahnen. Die Überlagerung des Schwebungstones mit den hörbaren Schwingungen eines besonderen Tonkreises erfolgt hier akustisch in ein und demselben Telephon, dessen beide Elektromagnetspulen $T_1$, $T_2$ jedoch getrennt sind, und von denen die eine im Gitterkreis der einen Senderöhre, die andere aber in dem Tonkreis III liegt. Die Messung erfolgt auch hier nach den von Pungs und Preuner angegebenen Verfahren.

Ist die Kapazitätsänderung sehr klein, so erfordert die genaue Bestimmung der Schwebungsfrequenz längere Beobachtungszeit; dies hat den Nachteil, daß sich in dieser Zeit unter Umständen die Verhältnisse in den Schwingungskreisen ändern können (z. B. Änderung der Anodenspannung, Heizspannung, des Vakuums in den Röhren), und damit ist dann wieder eine Änderung der Schwebungsfrequenz verknüpft. Es ist daher wünschenswert, die Schwebungsfrequenz möglichst schnell und genau zu ermitteln, und das geschieht nach Hammer durch direkte Messung mit einem besonderen Vibrationsgalvanometer von veränderlicher Eigenschwingungszahl und hoher Resonanzschärfe. Statt des Vibrationsgalvanometers läßt sich jedoch auch ein in den einen hochfrequenten Schwingungskreis eingebauter Hitzdraht- bzw. Hitzbandstrommesser verwenden. Auf der Verwendung dieser Geräte als Anzeiger einer ganz bestimmten Schwebungsfrequenz beruht das Resonanz-Schwebungsverfahren.

Bei nicht allzu loser Kopplung der beiden hochfrequenten Schwingungskreise I und II (siehe Fig. 3) tritt bei einer bestimmten Schwebungs-

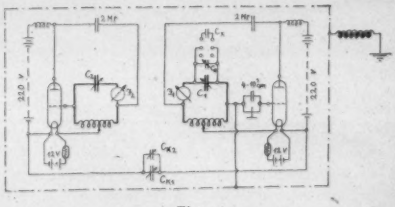


Fig. 3.

frequenz beider Kreise ein heftiges Vibrieren des Zeigers eines der Strommesser ein, und zwar dann, wenn die Schwebungsfrequenz in Resonanz ist mit der mechanischen Eigenschwingungszahl des Zeigersystems. Dabei wird natürlich die

mechanische Eigenschwingungszahl abhängig sein von dem jeweiligen Ausschlag des Gerätes. Es ist klar, daß sich hierzu nur ein Gerät mit möglichst leichtem Zeigersystem eignet; vom Verfasser wurden die kleinen, auf 1 und 4 Amp. umschaltbaren Hitzbandgeräte von Hartmann & Braun benutzt. Die Eigenschwingungszahl dieser Geräte wurde nach der in Fig. 4 gegebenen Schaltung für verschiedene Ausschläge des Instrumentes experimentell ermittelt. Ein kräftiger Akkumulator (2 Volt) schickt einen mittels Regulierwiderstand $R$ einstellbaren Strom $i$ durch den zu untersuchenden Strommesser $J$. Dem

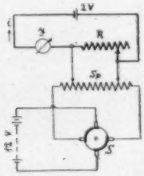



Fig. 4.

fest eingestellten Gleichstrom $i$ wird ein zweiter mittels des Stromwenders $S$ kommutierbarer Gleichstrom überlagert. Dieser zweite Gleichstrom wird einer 12-Volt-Batterie entnommen, seine Spannung kann mittels des Spannungsteilers $Sp$ passend eingestellt werden. Der Stromwender $S$ ist ein umlaufender Stromwender, der bei einer Umdrehung den Strom einmal kommutiert, und über ein (Zahnrad-)Vorgelege durch einen kleinen Elektromotor langsam angetrieben wird. Die Drehzahl des Stromwenders und damit die Wechselzahl des kommutierten Gleichstromes wird unter Beachtung des Übersetzungsverhältnisses des Vorgeleges am besten aus der Drehzahl des Motors berechnet. Bei der Untersuchung wird der Spannungsteiler $Sp$ so eingestellt, daß noch deutlich Schwankungen im Ausschlag bemerkbar sind, wenn der Stromwender sich langsam dreht. Hierauf wird die Drehzahl des Motors so lange geändert, bis der Zeiger des Gerätes am heftigsten vibriert. Die für diese Drehzahl berechnete Wechselzahl des Stromwenders ergibt dann die Eigenschwingungszahl des Zeigersystems für den betreffenden Ausschlag von $i$ Amp. Trägt man die Eigenschwingungszahl $\lambda$ für verschiedene Ausschläge ($i$) graphisch auf, so erhält man die in Fig. 5 dargestellte Kurve. Es ergibt sich eine Gerade, deren rückwärtige Verlängerung auf der Ordinate die Eigenschwingungszahl des nicht stromdurchflossenen Gerätes ausschneidet. Daraus folgt, daß der Schwingungsstrom bei der Unter-

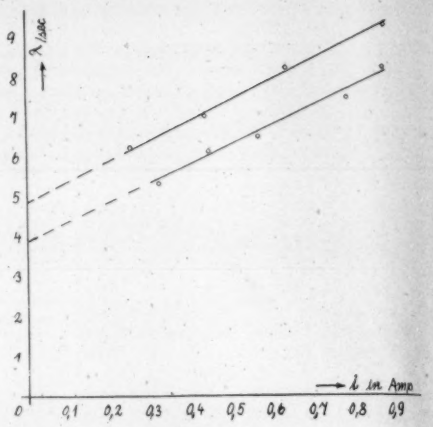



Fig. 5.

suchung sich nicht ändern darf, wenn das Vibrieren des Zeigers als Kennzeichen einer ganz bestimmten Schwebungsfrequenz gelten soll. Bei der Kapazitätsmessung erfolgt immer die Einstellung auf eine ganz bestimmte Schwebungsfrequenz, z. B. auf die, bei der der Zeiger des im Schwingungskreis I eingebauten Strommessers am heftigsten vibriert. Die ganze Versuchsschaltung ist in Fig. 3 wiedergegeben. Zur Erregung der Schwingungskreise dienen zwei kleine (5 Watt) Senderöhren (Verfasser benutzte „Schott"-Röhren). Zur bequemen anfänglichen Einstellung der Schwebungsfrequenz ist noch ein „Kopplungskondensator" $C_{K_1}$ und $C_{K_2}$ vorhanden. Die ganze Anordnung ist natürlich, um äußere kapazitive Störungen zu vermeiden, durch eisenfreie Metallkästen und Rohre abzuschirmen. Nur für die Beobachtung der Stromzeiger bleibt ein Fenster frei. Die Griffe der Kondensatoren sind mit entsprechenden Verlängerungen versehen, um sie von außen bedienen zu können.

## Vornahme der Messung.

1. Nach dem Verkleinerungsverfahren. $C_x$ und $C_n$ befinden sich in demselben Schwingungskreis (siehe Fig. 3), jedoch bleibt $C_x$ zunächst noch ausgeschaltet. Der Normalkondensator $C_n$ ist auf seinen Höchstwert einzustellen. Kreis I und II werden mit Hilfe von $C_1$ oder $C_2$ zuerst grob und dann mittels der Kopplungskondensatoren $C_{K_1}$ und $C_{K_2}$ (siehe Fig. 3) so abgestimmt, daß ein kräftiges Vibrieren des einen Strommessers auftritt. Hier-

auf wird $C_x$ zugeschaltet, wodurch sich die Schwebungsfrequenz ändert, und daher das Vibrieren des Zeigers verschwindet. Nun wird $C_n$ so lange verkleinert — an den übrigen Kondensatoren darf keine Änderung mehr vorgenommen werden! —, bis das Vibrieren wieder auftritt. Dann entspricht die Verkleinerung $\Delta C_n$ der Normalkapazität der zugeschalteten Kapazität $C_x$; es ist

$$C_x = \Delta C_n ,$$

denn, wenn nach Zuschalten von $C_x$ sich die Schwebungsfrequenz um einen gewissen Betrag geändert hat, so muß ja die ursprüngliche Schwebungsfrequenz (d. h. das Vibrieren des Zeigers) wieder auftreten, wenn die Gesamtkapazität statt durch Abschaltung von $C_x$ durch Verkleinerung von $C_n$ um $\Delta C_n$ wieder auf den ursprünglichen Wert vor der Zuschaltung von $C_x$ gebracht wird.

Das Verkleinerungsverfahren ist ebenso einfach wie genau. Es setzt nicht die Ermittlung einer Konstanten voraus und ist auf die Messung großer wie kleiner Kapazitäten anwendbar. Allerdings ist immer ein entsprechender Normalkondensator notwendig, der aber auch bei den anderen Verfahren, wenn nicht direkt, so doch immer zur empirischen Ermittlung der Konstanten benötigt wird. Das Verfahren besitzt den Vorteil, daß die zugeschaltete Kapazität genau gemessen wird, da hier keine Fehler infolge der Teilkapazitäten der Zuführungen zum Normalkondensator entstehen können, weil ja für die Messung nur die Kapazitätsänderung des Normalkondensators maßgebend ist. Für den Meßtechniker dürfte daher gerade dieses Verfahren das gegebene sein.

### 2. Messung von Kapazitäten durch Vergrößerung der Normalkapazität.

Die Normalkapazität $C_n$ ist hier dauernd in den Schwingungskreis II eingebaut (siehe Fig. 6), während die unbekannte Kapazität $C_x$

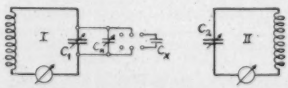



Fig. 6.

mittels Wippe in den Schwingungskreis I eingeschaltet werden kann. Es sei zunächst $C_x$ noch nicht eingeschaltet und $C_n$ auf seinen kleinsten Wert eingestellt. Der Anfangswert von $C_n$ rechne zu der Gesamtkapazität $C_2$ des Schwingungskreises II. Beide Schwingungkreise werden so abgestimmt, daß ein starkes Vibrieren des Stromzeigers auftritt, also eine ganz bestimmte Schwebungsfrequenz vorhanden ist. Schaltet man nun $C_x$ ein, so ändert sich die Schwebungsfrequenz, das Vibrieren verschwindet. Darauf wird $C_n$ so lange vergrößert, bis wieder starkes Vibrieren des Stromzeigers auftritt. Aus der Änderung $\Delta C_n$ des Normalkondensators ist $C_x$ zu berechnen:

$$C_x = G \cdot \Delta C_n ,$$

worin $G$ eine Konstante ist, die empirisch mittels zweier Normalkondensatoren ermittelt werden muß.

Ableitung der Formel:

$C_x$ ist nicht eingeschaltet, beide Kreise sind auf die Schwebungsfrequenz $\nu_2$ abgestimmt. Dann ist

$$\nu_s = \nu_1 - \nu_2 , \qquad (1)$$

worin

$$\nu_1 = k_1 \cdot L_1^{-1/2} \cdot C_1^{-1/2}$$

und

$$\nu_2 = k_2 \cdot L_2^{-1/2} \cdot C_2^{-1/2}$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \text{Konstante},$$

oder, da $L_1$ und $L_2$ konstant sind

$$\nu_1 = K_1 \cdot C_1^{-1/2},$$
$$\nu_2 = K_2 \cdot C_2^{-1/2}.$$

Im Kreis I werde die kleine Kapazität $C_x$ zugeschaltet, dann ändert sich die Periodenzahl $\nu_1$ um $\Delta\nu_1$, und es ist

$$\nu_1 + \Delta\nu_1 = K_1 \cdot (C_1 + C_x)^{-1/2}.$$

oder unter Anwendung des binomischen Lehrsatzes

$$\nu_1 + \Delta\nu_1 = K_1 \cdot (C_1^{-1/2} - \frac{1}{2} C_1^{-3/2} \cdot C_x + \frac{3}{8} C_1^{-5/2} \cdot C_x^2 - \frac{5}{16} C_1^{-7/2} \cdot C_x^3 + \cdots),$$

da $C_x$ sehr klein gegen $C_1$, so folgt unter Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung

$$\nu_1 + \Delta\nu_1 = K_1 (C_1^{-1/2} - \frac{1}{2} C_1^{-3/2} \cdot C_x). \qquad (2)$$

Im Kreis II wird nun die Normalkapazität um den Betrag $\Delta C_n$ geändert, so daß wieder die Schwebungsfrequenz $\nu_s$ (d. h. das Vibrieren des Stromzeigers) auftritt. Dann ändert sich $\nu_2$ um $\Delta\nu_2$, und es ist analog

$$\nu_2 + \Delta\nu_2 = K_2 (C_2^{-1/2} - \frac{1}{2} C_2^{-3/2} \cdot \Delta C_n) \qquad (3)$$

und ferner muß sein

$$\nu_s = (\nu_1 + \Delta\nu_1) - (\nu_2 + \Delta\nu_2), \qquad (4)$$

Aus Gl. (1) und (4) folgt aber

$$\nu_1 + \Delta\nu_1 - \nu_2 - \Delta\nu_2 = \nu_1 - \nu_2 ,$$

oder

$$\Delta\nu_1 = \Delta\nu_2 . \qquad (5)$$

Aus Gl. (2) folgt

$$\nu_1 + \Delta\nu_1 = K_1 \cdot C_1^{-1/2} - \frac{1}{2} \cdot K_1 \cdot C_1^{-3/2} \cdot C_x,$$

da aber

$$\nu_1 = K_1 \cdot C_1^{-1/2}$$

ist, so wird

$$\Delta\nu_1 = -\frac{1}{2} K_1 \cdot C_1^{-3/2} \cdot C_x$$

oder

$$\Delta\nu_1 = G_1 \cdot C_x, \qquad (6)$$

analog ist

$$\Delta\nu_2 = G_2 \cdot \Delta C_n, \qquad (7)$$

da aber

$$\Delta\nu_1 = \Delta\nu_2$$

ist, so ist

$$G_1 \cdot C_x = G_2 \cdot \Delta C_n$$

oder

$$C_x = \frac{G_2}{G_1} \cdot \Delta C_n$$

$$C_x = G \cdot \Delta C_n.$$

Da, wie schon vorher erwähnt, die Konstante $G$ mittels zweier Normalkondensatoren bestimmt werden muß, dürfte diese Messungsart für Kapazitätsmessungen kaum in Betracht kommen. Sie eignet sich jedoch in etwas abgeänderter Form zur Messung kleiner und kleinster Selbstinduktionen.

### Messung kleiner Selbstinduktionen nach dem Resonanz-Schwebungsverfahren.

Ebensogut, wie sich Kapazitäten nach dem Schwebungsverfahren messen lassen, sind auch Selbstinduktionen danach zu ermitteln. Man wird jedoch hier die zu messende Selbstinduktion nicht mit einer Normalselbstinduktion direkt vergleichen, sondern einen Normalkondensator als Vergleichsmaß benutzen, da eine kleine Normalkapazität leichter herzustellen ist wie eine kleine Selbstinduktionsnormale. Die Schaltung geht im Prinzip aus Fig. 7 hervor. Der Um-

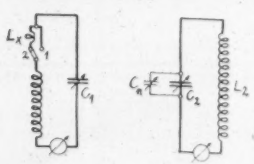



Fig. 7.

schalter steht zunächst in Stellung „1", so daß nur $L_1$ eingeschaltet ist; der Normalkondensator $C_n$ ist auf seinen kleinsten Wert eingestellt. Mittels der Kondensatoren $C_1$ oder $C_2$ werden die Schwingungkreise so abgestimmt, daß starkes Vibrieren eines der Stromzeiger auftritt. Nun wird der Umschalter in Stellung „2" gebracht, also $L_x$ zugeschaltet; infolgedessen nimmt die Periodenzahl im Kreise I etwas ab, das Vibrieren verschwindet. Jetzt wird der Normalkondensator $C_n$ so lange in seiner Kapazität vergrößert, bis das Vibrieren wieder am stärksten einsetzt, dann ist

$$L_x = G \cdot \Delta C_n.$$

Die Ableitung dieser Formel ist analog der unter 2 gebrachten Ableitung; nur ist hier die Kapazität $C_1$ des Schwingungskreises I konstant, während $L_1$ um $L_x$ sich ändert. Die Formel gilt natürlich nur, solange $L_x$ klein gegen $L_1$ ist. Die Konstante $G$ ist dadurch zu bestimmen, daß an Stelle von $L_x$ eine bekannte kleine Selbstinduktion $L_n$ in den Kreis geschaltet wird.

Technische Hochschule Darmstadt. Elektrotechnisches Institut.

(Eingegangen 26. Oktober 1922.)

## Über eine Methode zur quantitativen Bestimmung der Rotverschiebung.

Von J. Weber.

Die von der allgemeinen Relativitätstheorie bei einem Gravitationspotentialgefälle verlangte Frequenzänderung der Lichtschwingungen wurde zunächst für das bekannte Potentialgefälle Erde—Sonne nachzuweisen gesucht. Selbst die mit den besten Mitteln physikalischer Beobachtungstechnik von seiten hervorragender Experimentatoren unternommenen Messungen an besonders geeignet erscheinenden Linien des Sonnenspektrums haben bis jetzt keine vollbefriedigende Lösung der Frage gebracht. Die Versuche, diese Frage mittels der in unserem Fixsternsystem die Sonne an Masse bedeutend übertreffenden Sterne zu lösen, brachten in den Untersuchungen von E. Freundlich[1]) und O. Kohl[2]) nur eine qualitative Bestätigung, d. h. eine weniger oder mehr erwiesene Rotverschiebung. So z. B. teilte Kohl die Sterne des von ihm aufs neue berechneten Taurusstroms in zwei Gruppen, in solche, die als Riesen angesprochen werden können und in eine Gruppe der mittleren und kleineren Größe. Er findet für die erste Gruppe von Sternen eine wesentlich größere Entfernungsgeschwindigkeit von der

1) E. Freundlich, diese Zeitschr. **20**, 561, 1919; Naturwissenschaften **7**, 629.

2) O. Kohl, diese Zeitschr. **22**, 665, 1921. Hier findet sich ein umfangreicher Literaturnachweis.

Sonne als für die zweite, was darauf hindeutet, daß die zur Geschwindigkeitsbestimmung herangezogenen Linien in den Spektren der ersten Gruppe gegenüber den der zweiten nach dem roten Ende verschoben erscheinen. Der Betrag dieser aus den Beobachtungen abgeleiteten Verschiebung konnte aber mit keinem berechneten verglichen werden, da die Massen der der Untersuchung zugrunde liegenden Sterne nur stellarastronomisch bestimmte Mittelwerte vorstellen.

Die zur Durchführung einer strengen Rechnung notwendigen Daten stehen uns nur bei Doppelsternen zur Verfügung, deren Entfernung von der Sonne auf Grund trigonometrischer Messungen bekannt ist. So sind wir in der Lage, das Gravitationspotentialgefälle zwischen der Erde und dem Stern zu berechnen. Bewegt sich derselbe relativ zur Sonne, so können wir zwei Komponenten seiner Geschwindigkeit ermitteln: die eine senkrecht zur Blickrichtung; die Eigenbewegung im Bogen größten Kreises gemessen, die andere in die Blickrichtung fallende, die Radialgeschwindigkeit. Nach der Relativitätstheorie soll diese aber durch eine Rotverschiebung entstellt sein, so daß wir zunächst nicht in der Lage sind, die tatsächlich erfolgende Gesamtbewegung des Sternes gegenüber unserer Sonne anzugeben. Gehört dagegen der betrachtete Doppelstern zu einem Sternstrom, so ist eher eine Möglichkeit vorhanden zur Kenntnis der gesuchten Bewegung zu gelangen. Ein Beispiel eines Doppelsterns, für den alle genannten Daten aus den Beobachtungen zu erhalten sind, ist der Sirius. Er gehört zum weitverstreuten Strom der Bärensterne. In einer kleinen Notiz, die ich hauptsächlich zur Erlangung neueren Beobachtungsmaterials in dem laufenden Band der Astronomischen Nachrichten (A. N. 217) bekannt gemacht habe, findet sich eine erste Berechnung, der ich die Untersuchungen von E. Hertzsprung[1]) über den Strom der Bärensterne zugrunde gelegt habe. Eine ausführliche Bearbeitung neueren Materials finde ich bei K. F. Bottlinger[2]). Von diesen Daten benutze ich nur: Die Eigenbewegung des Sirius pro Jahr $= 1''{,}316$, die Entfernung vom Radiationspunkt $= 62^0{,}2$ und seine beobachtete Radialgeschwindigkeit $-7{,}82$ km. Für den letzten Wert habe ich aus den Angaben von H. Ludendorff[3]) einen mittleren Fehler von 0,19 km ermittelt. Die für andere Sterne des Bärenstroms in der zitierten Arbeit und auch a. a. O. von Courvoisier gefundenen und der Lösung harrenden Probleme berühren diese Untersuchung nicht wesentlich. Als Parallaxe des Sirius habe ich nach Kobold[1]) $0''{,}370$ angenommen. Aus Parallaxe $\pi''$, Eigenbewegung $\mu''$ und Entfernung vom Radiationspunkt $A$ ergibt sich die tatsächliche Radialgeschwindigkeit $\varrho$ in km/sek nach der Formel

$$\varrho = -4.737 \cdot \frac{\mu''}{\pi} \operatorname{ctg} A = -8{,}88 \text{ km/sec}, \quad (1)$$

wobei sich der konstante Faktor durch den Übergang von den für Parallaxe und Eigenbewegung geltenden astronomischen Einheiten — Jahr und Erdbahnmesser — auf Kilometer und Sekunde berechnet durch die Beziehung

$$\frac{149 \cdot 10^6}{365{,}25 \cdot 86400} = 4.737.$$

Der Fehler des Ergebnisses von (1) setzt sich aus den der beobachteten Größen zusammen in der Form (1′)

$$d\varrho = \pm \sqrt{(6{,}75\, d\mu)^2 + (24{,}01\, d\pi)^2 + (21{,}54\, dA)^2}.$$

Für $d\mu$, $d\pi$, $d\varrho$ werden sich streng rechnerische Werte erst aus einer eingehenden Bearbeitung des gesamten Beobachtungsmaterials ergeben. Es sei daher hier nur der aus den vorläufigen Untersuchungen ermittelte Wert, und zwar für $d\mu = 0''{,}005$, $d\pi = 0''{,}005$, und für $dA = 0^0{,}5$ angenommen, wenn auch die Werte für $A$ aus den Untersuchungen von Hertzsprung und Bottlinger bis auf $0^0{,}1$ übereinstimmen. Mit diesen Werten ergibt sich aus (1′) der Fehler von (1) zu $\pm 0{,}22$ km/sec. (Für $dA = 0^0{,}1$ beträgt (1′) $\pm 0{,}13$ km/sec.) Wir befinden uns also ganz im Gebiet der oben gegebenen Genauigkeit. Dieser nun tatsächlich vorhandenen Bewegung in der Gesichtslinie im Betrage von $-8{,}88$ km/sec steht eine um 1,06 km geringere Annäherungsgeschwindigkeit an unsere Sonne aus den Beobachtungen im Werte von $-7{,}82$ km/sec gegenüber. Diese geringere Annäherung ist ganz im Sinne der Einsteinschen allgemeinen Relativitätstheorie. Um dies durch Rechnung nachzuweisen, benutze ich die von Bernewitz[2]) und Guthnik[3]) gegebenen Daten für Sirius. In die von v. Laue, Relativitätstheorie II. Bd., S. 191 gegebene Formel setze ich folgende Werte ein: Masse des Sirius $M = 2{,}4$ Sonnenmassen; Halbmesser des Sirius $R = 1{,}376$ Sonnenradien. Es ergibt sich dann für das Verhältnis

1) E. Hertzsprung, Über neue Mitglieder des Systems Ursae majoris. Nachr. d. K. Ges. d. Wiss., math.-phys. Klasse. Göttingen 1909.

2) K. F. Bottlinger, Die Eigenbewegung der Bärensterne. Astr. Nachr. Bd. 198, S. 153.

3) H. Ludendorff, Astr. Nachr. Bd. 195, S. 382.

1) H. Kobold, Das Sternsystem. (Hartmann, Astronomie, S. 526.)

2) E. Bernewitz, Über die Dichten der Doppelsterne. Astr. Nachr., Bd. 213, S. 1.

3) P. Guthnik, Physik der Fixsterne. (Hartmann, Astronomie, S. 422.)

Wellenlängenänderung zu Wellenlänge multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit

$$2{,}07 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{M}{R} \cdot 2{,}999 \cdot 10^{5} = 1{,}08 \text{ km/sec.} \quad (2)$$

Die Übereinstimmung dieses Wertes mit dem zu 1,06 ermittelten Unterschied zwischen beobachteter und berechneter, tatsächlich vorhandener Radialgeschwindigkeit ist auffallend. Untersuchen wir (2) hinsichtlich des ihr durch die beobachteten Größen $M$ und $R$, bzw. der Dichte $\delta$ anhaftenden Fehlers, so ergibt sich folgende Beziehung

$$m \cdot F = \pm 2{,}07 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}999 \cdot 10^{5} \sqrt{(0{,}727\, dM)^2 + (2{,}890\, d\delta)^2}. \quad (2')$$

Einer später zu veröffentlichenden Untersuchung entnehme ich folgende auf Grund der Bahnbestimmungen des Sirius durch Doberck, Lohse und Zwiers abgeleiteten Werte für $dM = 0{,}30$ und $d\delta = 0{,}03$. Mit diesen erhalte ich für (2') den Wert von $\pm 0{,}15$ km/sec. Wir haben also auch hier denselben Genauigkeitsgrad wie bei Formel (1). In Wellenlängen ausgedrückt ergibt sich als Resultat dieser Untersuchung, daß nach Berücksichtigung des Dopplereffektes z. B. die Linie $H_\gamma$ auf dem Sirius um 0,016 A.-E. gegenüber der irdischen Linie nach dem roten Ende des Spektrums verschoben ist. Das hier abgeleitete Ergebnis soll nach Erhalt neueren Beobachtungsmaterials einer erneuten Diskussion unterzogen werden und nach Möglichkeit durch Untersuchungen an anderen geeigneten Doppelsternen z. B. an $\xi$ Böotis wegen seiner vermutlich großen Masse erhärtet werden. Es ist also zunächst eine zusammenfassende Bearbeitung aller Untersuchungen des Bärenstromes und der Beobachtungen des Sirius, sowohl seiner Bahn als auch seiner Radialgeschwindigkeit ins Auge gefaßt.

Leipzig, Universitätssternwarte, 4. Dezember 1922.

(Eingegangen 11. Dezember 1922.)

# VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN DES DEUTSCHEN PHYSIKERTAGES IN LEIPZIG VOM 17.—24. SEPTEMBER 1922.

**L. Zehnder (Basel), Sonne und Sonnenfleckenperioden.**

Unsere Sonne ist zweifellos ein Gasball mit von außen nach innen zunehmenden Drucken und Temperaturen, und zwar sind diese Temperaturzunahmen derart hoch, daß im Sonneninnern sicher für alle Substanzen der kritische Temperaturzustand herrschen muß. Ebenso sicher muß unsere Sonne schon viele Millionen Jahre bestehen. Auf ihrer Oberfläche sehen wir Protuberanzen, Fackeln, Flecke, deren Ursprung nach der gegenwärtig vorherrschenden Meinung im Sonneninnern liegen soll. Höchst merkwürdig sind aber die Perioden dieser Erscheinungen, namentlich die der Sonnenflecke. Ist es möglich, nur durch innere Sonnenvorgänge solche Perioden zu bekommen?

Sehen wir zunächst ab von allen äußeren Wirkungen auf die Sonne, so ist es überhaupt unmöglich, die genannten Vorgänge auf der Sonnenoberfläche in der Art, wie sie uns beschrieben werden, glaubhaft zu machen. Vielmehr müßte denn doch im Verlauf von einigen Millionen Jahren, ja gewiß schon in hundert Jahren oder noch früher, eine vollständige Beruhigung der Sonnenmassen eingetreten sein, durch innere Reibung der Sonnengase, durch daherige Dämpfung aller Bewegungen im Sonneninnern. Auf einer solchen Sonne würden ganz gewiß keine erheblichen Protuberanzen, Fackeln, Flecke zu sehen sein. Es scheint sogar sehr zweifelhaft, ob eine solche Sonne noch strahlen würde. Denn die äußersten kältesten Schichten dieser Sonne würden doch im Mittel eine absolute Temperatur $0^0$ haben, nach der mechanischen Wärmetheorie; sonst müßten sich ja die betreffenden Schichten noch weiter ausdehnen, bis die Bedingung absoluter Nulltemperatur erfüllt wäre. Dann aber kann wohl eine solche Sonne überhaupt nicht mehr strahlen, nach Maßgabe des Kirchhoffschen Gesetzes, weil ja die äußeren kälteren Schichten stets die Strahlungen gleichartiger Substanzen der inneren heißeren Schichten absorbieren. Zwar sind so geringe Dichten der äußeren Gasschichten denkbar, daß nicht die ganze Strahlung absorbiert würde, aber wahrscheinlich ist letzteres nicht, wegen der gewaltigen Gravitation unserer Sonne. Daher strahlt eine Sonne im wesentlichen wegen ihrer Protuberanzen, Fackeln, Flecke.

Wie sollen nun aber in einem solchen Sonnenball periodische Vorgänge möglich sein? Das Wahrscheinlichkeitsgesetz verlangt zunächst größtmögliche Unordnung in den Sonnenvor-

gängen, also gerade das Gegenteil von Perioden. Und dennoch sind Perioden denkbar, z. B. durch „Sonnenbeben", die auf die Explosionen folgen, in teilweiser Analogie mit unseren Erdbeben; aber solche Perioden könnten bei den dort in Betracht kommenden Geschwindigkeiten höchstens einige Tage betragen.

Andere Perioden längerer Dauer entstehen indessen auf der Sonne, wenn sie von Planeten umkreist wird. Betrachten wir zuerst nur den Jupiter! Angesichts seiner verhältnismäßig geringen Helligkeit umkreist er unsere Sonne, wie der dunkle Begleiter des Algol diesen umkreist; die Größenunterschiede sind nur bei unserer Sonne und dem Jupiter weit beträchtlicher als bei den beiden Algolkörpern. Nun bewahrt ja der Schwerpunkt des Systems Sonne-Jupiter seine gleichförmige Translationsbewegung, solange keine äußeren Kräfte das ganze Sonnensystem beschleunigen. Daher muß die Sonne in der Periode des Jupiterumlaufs, in 11,86 Jahren, ungefähr eine Kreisbahn mit $778/1{,}47 = 0{,}743$ Millionen Kilometer Radius $R$ um den Schwerpunkt des Sonnen-Planetensystems beschreiben; dieser Schwerpunkt liegt also außerhalb der Sonne, etwa 50000 Kilometer. Dieselbe Berechnungsart ergibt für die Wirkung des Saturn auf die Sonne ein Kreisen der letzteren mit 0,407 Millionen Kilometer Radius in 29,5 Jahren Umlaufszeit $U$, für Uranus entsprechend 0,125 Millionen Kilometer und 84 Jahre, für Neptun 0,233 Millionen Kilometer und 165 Jahre. Die effektive Bahn der Sonne um den gemeinsamen Schwerpunkt ist natürlich eine Übereinanderlagerung aller dieser Bahnen, sowie der rund etwa 1000 mal kleineren ähnlichen Wirkungen der inneren Planeten. Die größten Ausbuchtungen hat die effektive Sonnenbahn in den Konjunktionen $K$ der verschiedenen Planeten, die größten Einbuchtungen in den Oppositionen derselben, nach Maßgabe der Wirkungsfähigkeit der bezüglichen Planeten. Je kürzer die Perioden der Planetenumläufe sind, um so kürzer dauern diese Konjunktionseinflüsse.

| $R$ km | $U_J$ | $P_J$ | $K_J$ |
|---|---|---|---|
| 743000 ♃ | **11,86** | > 11,1 < | 12,8 ♃—☿ |
| | | 11,1 | 13,8 ♃—♀ |
| | | 22,2 > | **19,8** ♃—♁ |
| 497000 ♄ | 29,5 | < 33,3 | 35,9 ♄—☿ |
| | | 44,4 | 45,5 ♄—♀ |
| 125000 ♅ | 84 | 88,8 | |
| 253000 ♆ | 165 | 166,5 | 171 ♁—♆ |

Wir erkennen aus dieser Tabelle, daß die Sonne in ihrer Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt Perioden aufweist von 11,86, 29,5, 84 und 165 Jahren, herrührend von den Planetenumläufen $U$, ferner Perioden von 12,8, 13,8, 19,8, 35,9, 45,5 und 171 Jahren, herrührend von den Konjunktionen $K$ der verschiedenen Planetenpaare. Ist es nicht auffallend, daß sich alle diese Perioden so nahe um den Mittelwert der Sonnenfleckenperiode $P$ oder um ein Vielfaches derselben, also annähernd um 11,1, 22,2, 33,3, 44,4, 88,8, 166,5 gruppieren, wobei die Abweichungen zum Teil positiv, zum Teil negativ sind? (Die voraussichtlich wirksamsten Planeteneinflüsse sind in der Tabelle fett bzw. kursiv gedruckt; sie suchen die Periode $P$ zum Teil zu vergrößern, zum Teil zu verkleinern.) Muß nicht zwischen diesen beiderlei eben genannten Perioden ein innerer Zusammenhang bestehen?

Entsprechend periodische Flutbewegungen auf der Sonnenoberfläche sind offenbar zu schwach, als daß sie hier wesentlich in Betracht kämen. Dagegen wird uns das Zodiakallicht die Sonnenflecke mit ihren Perioden liefern, wie ich hier zeigen will.

In Kegelschnittbahnen bewegen sich die aus dem Weltall herbeigezogenen Meteorite gegen die Sonne. Viele Meteorite vereinigen sich bei ihrer Annäherung an die Sonne zu Meteoritenhaufen. Viele Meteorite und Meteoritenhaufen stürzen direkt in die Sonne, in der Richtung des Endstücks ihrer Bahn, also meistens schief, mit Einlaufgeschwindigkeiten von rund 600 Sekundenkilometer. Dieser ungeheuren Geschwindigkeit zufolge graben sie tiefe, in der Regel schiefe Schußkanäle in die gasförmige Sonnenkugel ein, erhitzen sich in der Sonne aufs äußerste, explodieren und treiben daher Sonnengase, sowie von ihren eigenen vergasten Substanzen durch die soeben entstandenen fast gasleeren Schußkanäle über die Sonnenoberfläche hinaus: es entstehen die Protuberanzen, die daher aus glühenden Gasen bestehen, also leuchten, sichtbar werden, während die einstürzenden kompakteren Meteoritenmassen zu klein und für uns unsichtbar waren. Kompakte Meteoritenhaufen erzeugen eruptive, Schwärme diskret verteilter Meteorite dagegen wolkenförmige Protuberanzen.

Die nicht unmittelbar in die Sonne stürzenden Meteorite führen dem Zodiakallicht beständig neue Masse zu, da sie sich durch unzählige Zusammenstöße mit anderen Meteoriten allmählich in die allgemeine geordnete Bewegung der Meteoriten des Zodiakallichts einfügen. Je kleiner nun die Weltkörper sind, um so mehr wirkt auf ihre Bewegungen jedes widerstehende Mittel. Der kosmische Staub wird also durch den Äther, dessen Dasein nun nicht mehr geleugnet werden kann, am meisten in seiner Geschwindigkeit gebremst. Daher bewegen sich die Meteorite des Zodiakallichts in merklich kleiner werdenden Spiralen gegen den Schwerpunkt des Sonnen-

Planetensystems hin. Aus dem Zodiakallicht schält nun die Sonne bei jeder ihrer Bahnausbuchtungen, bei jeder Konjunktion $K$ von Planeten eine Anzahl Meteorite heraus, welche an der Sonnenoberfläche als kältere Substanzen ankommen, welche dann verdampfen, explodieren, verbrennen, welche also die charakteristischen Erscheinungen der Sonnenflecke mit ihren Fackeln und übrigen Einzelheiten darbieten, welche auch dem Sonnenäquator, in dessen näherer Umgebung sie einlaufen müssen, eine größere Rotationsgeschwindigkeit beibringen.

Aber die Wirkungen der Planetenumläufe $U$ werden gleichfalls durch den Ätherwiderstand als Sonnenfleckperioden zur Geltung gebracht, weil sich das ganze Zodiakallicht bei der Translationsbewegung unseres Sonnensystems durch den Äther (der ruhen oder an unserem Weltort selber eine gewisse Eigengesamtbewegung haben kann) gegen den gemeinsamen Sonnen-Planetenschwerpunkt entsprechend verschiebt. Daher schält die Sonne bei jeder Hälfte ihrer periodischen Umläufe $U$ wiederum Meteorite des verschobenen Zodiakallichts heraus. Die sämtlichen oben genannten Sonnenbahnperioden spiegeln sich somit in den Sonnenfleckenperioden wieder. Es gibt gar keine einheitliche Sonnenfleckenperiode von z. B. 11,1 Jahren, sondern statt dessen nur eine Übereinanderlagerung aller genannten Sonnenbahnperioden.

Von den so entstandenen Sonnenflecken treten aber unmittelbar nur diejenigen in die Erscheinung, die auf der unserer Erde zugewandten Sonnenhälfte in die Sonnenoberfläche einlaufen. Wir sehen sie am besten, wenn der wirkende Planet (bzw. die Planeten) mit der Sonne in Konjunktion stehen. Mittelbar sehen wir nur die besonders großen, besonders dauerhaften von den auf der abgewandten Sonnenhälfte entstandenen Sonnenflecken nach einer entsprechenden Sonnendrehung. Aus den jeweiligen Planetenstellungen läßt sich der Ort der entstehenden Sonnenflecke annähernd berechnen.

Das Bestehen von Sonnenfleckperioden scheint mir einer der besten Beweise für das Dasein des Äthers zu sein.

**F. Paul Liesegang (Düsseldorf), Neue optische Vorlesungsversuche.**

I. Zur objektiven Darstellung der Interferenzstreifen bedient man sich erfolgreich der bekannten Interferenzvorrichtung nach Classen. Sie besteht gleich dem Jaminschen Interferentialrefraktor aus zwei planparallelen Spiegelplatten, welche das dagegen treffende Strahlenbündel mehrfach zerlegen und dabei interferenzfähige Strahlenpaare erzeugen. Während man beim Jaminschen Apparat ein Bündel annähernd paralleler Strahlen anwendet, dessen Zerlegungen ohne weiteres getrennt verlaufen, so daß die untauglichen Strahlen abgeschieden werden können, schickt man in die Classensche Vorrichtung, um auf dem Schirm ein hinreichend großes Gesichtsfeld zu erzielen, ein divergentes Strahlenbündel. Dabei nimmt man den Nachteil in Kauf, daß sich die Teilbündel untrennbar durchdringen. Dieser Nachteil wird vermieden durch Anwendung eines konvergenten Strahlenbündels. Die zwischen den beiden Platten sich noch teilweise überdeckenden Teilbündel lösen sich hier beim Austreten aus dem Apparat völlig voneinander, indem jedes für sich kegelförmig zusammenläuft, und es kann nun dort, wo die Bündel kleine Bildchen der Lichtquelle abgeben, eine Blende mit spaltförmiger Öffnung eingeschaltet werden, die nur den tauglichen Strahlen den Weg frei gibt. Auf diese Weise werden außerordentlich lichtstarke und klare Interferenzstreifen gewonnen, die sich von der geringsten bis zur größten Breite gut sichtbar einstellen lassen.

Die Anordnung ermöglicht eine Reihe von Versuchen: 1. Die Zerlegung des in das Plattensystem eintretenden Strahlenkegels in mehrere getrennte Kegel wird dadurch veranschaulicht, daß man die in der Austrittsöffnung liegenden Lichtquellenbildchen (vier sind sichtbar) durch eine Sammellinse vergrößert auf dem Schirm abbildet. — 2. Daß bei geneigter Spiegelplatte die einzelnen Teilbündel (mit Ausnahme des ersten) wiederum mehrteilig sind, zeigt man durch Einfügung eines engen Spaltes in das eintretende Strahlenbündel, auf welchen die Sammellinse scharf eingestellt wird. — 3. Die Fähigkeit dieser mehrteiligen Bündel, Interferenzstreifen zu erzeugen, wird für alle zugleich auf dem Schirm dargetan, indem man in den Apparat ein divergentes Strahlenbündel schickt und seine Austrittsöffnung durch eine Blende mit wagerechtem Spalt verschließt, der jedem Bündel (noch ein fünftes wird kenntlich) ein Feld zuteilt. — 4. Vorstehender Versuch kann mit konvergentem Licht für jedes einzelne Bündel allein unter Ausnutzung des vollen Gesichtsfeldes wiederholt werden. — 5. Die reziproke Beziehung zwischen dem Abstand der kohärenten Strahlen und der Streifenbreite wird dadurch veranschaulicht, daß man unter Anwendung eines nur die Hälfte des Gesichtsfeldes einnehmenden engen Spaltes und einer halben Sammellinse auf dem Schirm gleichzeitig das verdoppelte Spaltbild und die Interferenzstreifen

darstellt. Neigt man die Spiegelplatte stärker, so vergrößert sich der Abstand der Spaltbilder in dem Maße, wie sich der Streifenabstand verkleinert. — 6. Vorstehende Versuchsanordnung bietet die Grundlage für eine rohe Bestimmung der Wellenlänge. Man kann dabei einfarbiges Licht anwenden oder eine spektrale Zerlegung herbeiführen. — 7. Das dritte Teilbündel besteht bei geneigtem Spiegel aus drei Bündeln, deren mittleres gegen die beiden äußeren, weitaus weniger hellen, gleichen Gangunterschied hat und mit ihnen schleierige Interferenzstreifen erzeugt. Sperrt man nun bei eingeengtem Gesichtsfeld das mittlere Bündel ab, so geben die beiden äußeren Bündel, da sie gegenseitig den doppelten Gangunterschied haben, Interferenzstreifen von der halben Breite, wie zuvor. Die Erscheinung ist naturgemäß lichtschwach. — 8. Verschiebung der Interferenzstreifen durch ein Verzögerungsplättchen. Bei Ausnutzung des vollen Gesichtsfeldes werden die Streifen nur in einem Teil des Gesichtsfeldes verschoben, so daß man die Größe der Verschiebung ohne weiteres ablesen kann. Ändert man dabei die Neigung der Planparallelplatte, so zeigt es sich, daß die Verschiebung sich gleichzeitig proportional der Streifenbreite ändert. — 9. Daß die Interferenz nur eine andere Verteilung des Lichtes, nicht aber eine Vernichtung von Licht bewirkt, wird dadurch sichtbar, daß man einen Teil des Gesichtsfeldes durch Einhalten eines schmalen, dickeren Glasplättchens frei von Streifen macht. Der Vergleich mit diesem Teile zeigt, daß letzterer dunkler ist als die hellen Zwischenräume der breitgestellten Streifen. Der Vergleich wird erleichtert, wenn man durch eine spaltförmige Blende einen hellen Streifen heraussondert. — 10. Bei eingeengtem Gesichtsfeld werden die getrennten Teilbündel zwischen den beiden Platten dadurch sichtbar gemacht, daß man dort ein Stück weißen Kartons oder Mattglas einsetzt, über welches das Licht streifend geht.

II. Das gleiche Verfahren des Ausblendens von Teilbündeln läßt sich erfolgreich anwenden bei der objektiven Darstellung der Newtonschen Farbenringe, sowohl im auffallenden, als auch im durchfallenden Licht. Man gewinnt auf diese Weise eine kräftige und schleierfreie Wiedergabe der Ringe und kann durch eine andere Einstellung der Spaltblende auch die durch weitere Zerlegung entstandenen Teilbündel wirken lassen, welche zum Teil die komplementären Farbringe zeigen.

III. Ein Schirm mit mattglänzender, schwarzer Oberfläche, der unter dem Polarisationswinkel gegen die einfallenden Strahlen angeordnet wird, wirkt gleichzeitig als Auffangschirm und als Analysator. Die Betrachtung muß aus der ungefähren Richtung des Polarisationswinkels erfolgen[1]).

1) Näheres über den Analysatorschirm: Deutsche Optische Wochenschrift 7, 800, 1921 und 8, 512, 1922.

# BESPRECHUNGEN.

**A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien.** 3. umgearbeitete Auflage. 8°. 43 Bogen. Mit 125 Abbildungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges. 1922. Geheftet M. 60.—, gebunden M. 75.— u. T.

Das ausgezeichnete Buch Arnold Sommerfelds „Atombau und Spektrallinien" habe ich bereits in dieser Zeitschrift 21 u. 22 ausführlich besprochen. Schon das Anwachsen des äußern Umfangs des Buches auf 764 Seiten gegenüber 583 Seiten der alten Auflage zeigt, daß A. Sommerfeld diese dritte Auflage durch neue Einteilung und viele neue Einfügungen gründlichst umgearbeitet hat; sehr zum Vorteil des Buches, das so um so mehr für jeden Atomphysiker und für den, der Interesse für Atomphysik hat, unentbehrlich sein wird.

An bedeutenden Änderungen hebt A. Sommerfeld in seinem Vorworte selbst folgende hervor: Als Einführung in die Quantentheorie wird im ersten Kapitel unter den vorbereitenden Versuchen der quantentheoretisch sehr zugängliche lichtelektrische Effekt und das Einsteinsche Gesetz für seine maximalen Geschwindigkeiten gegeben. Das zweite Kapitel bringt besondere Abschnitte über Kernphysik, Isotopie und Chemismus bis zu den neuesten Resultaten auf diesen interessanten Gebieten. In dem dritten Kapitel, das von den Röntgenspektren handelt, sind die derzeitig bekannten Kristallstrukturen tabellarisch zusammengestellt. Dann tritt eine neue Einteilung der Kapitel ein. Das vierte Kapitel beschäftigt sich lediglich mit dem Wasserstoffspektrum; nur der Abschluß desselben enthält Ausblicke auf das noch sehr im Argen liegende Problem des Magnetons.

Das 5. Kapitel entspricht im großen und ganzen dem 6. der alten Auflage. Es ist ihm zugefügt die Adiabatenhypothese, die den Namen und ihren Ausbau P. Ehrenfest verdankt. Das 6. Kapitel bespricht die Serienspektren im allgemeinen. Vieles, was über die Serienspektren in der alten Auflage gesagt ist, ist hier systematischer geordnet, bedeutend erweitert und klar gestellt. Die Bandenspektren finden ihre stark erweiterte Darstellung im 7. Kapitel, während die Theorie der Feinstruktur das ebenfalls vergrößerte Schlußkapitel bildet. Die mathematischen Zusätze, die sich wieder im Anhang finden, sind zum Teil gekürzt, zum Teil weiter ausgeführt.

Die überaus schnelle Folge der Auflagen beweist am besten, daß Sommerfelds Buch für jeden Physiker einfach nicht zu entbehren ist. Karl Bergwitz.

# Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1922/23.

## Technische Hochschule Berlin.

**Krigar-Menzel**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Theorie der Wärme: Thermodynamik, 2. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Allgemeine Strahlungslehre (Optik), 4; Physikalische Übungen, 4: Ausgewählte physikalische Aufgaben für Vorgeschrittene, 8. — **Berndt**: Maß und Messen in der Technik, 1. — **Cranz**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Physik, 1, Übungen, 4. — **Gehlhoff**: Physikalische Grundlagen der Beleuchtungstechnik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 4; Physikalische Übungen für Chemiker, 2; Ausgewählte physikalische Aufgaben für Vorgeschrittene, 8. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1. — **Kaßner**: Technische Meteorologie, mit Beispielen aus der Praxis und Besprechungen von Rechtsstreitfällen: Windmotoren, $1^1/_2$. — **Koch**: Vorkurs zur Physik, 6; Drahtlose Telegraphie I und II: Gedämpfte und ungedämpfte Systeme, 2; Hochspannungserscheinungen und Messungen, 2. — **Luyken**: Der Erdmagnetismus und seine Anwendung in Technik und Bergbau, 1. — **Pirani**: Einführung in die theoretische Behandlung chemischer und physikalischer Probleme mit besonderer Berücksichtigung graphischer Verfahren I und II, 1. — **Weidert**: Temperaturmessung, insbesondere Grundlagen und Methoden der Messung tiefer und hoher Temperaturen, $1^1/_2$.

**Hofmann**: Experimalchemie I: Einleitung, Nichtmetalle, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium (mit Wirth, Biesalski, Ritter, Krause), tägl. — **Wirth**: Analytische Chemie: Metallsäuren und Nichtmetalle, 1; Praktische Arbeiten in der Gasanalyse, 2; Technische Verbrennungsmethoden und ihre gasanalytische Kontrolle, 1. — **Poppenberg**: Allgemeine Explosivstoffchemie, 2; Praktische Übungen, ganztägig. — **Pschorr**: Organische Chemie, 4; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium (mit Simonis, Liebermann, Scheibler, Schönberg), tägl. — **Simonis**: Organische Analyse und Arbeitsmethoden, 1; Einführung in die organische Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie I: Aliphatische Reihe, 2, II: Aromatische Reihe, 2. — **Liebermann**: Geschichte der organischen Chemie, 2. — **Schönberg**: Theorien der organischen Chemie, 1. — **Scheibler**: Synthesen natürlich vorkommender organischer Verbindungen, 1; die Chemie der Riechstoffe, 1. — **Harries**: Chemie des Kautschuks und verwandter Verbindungen, 1 *g*. — **Wolffenstein**: Laboratoriumsapparatur und Arbeit-methoden des Organikers, 1; — Die Chemie und Technologie der Heilstoffe, 2. **Börnstein**: Organische Chemie und ihre Anwendung in der Technik, 2; Chemie der Brennstoffe, 2. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Reisenegger**: Chemische Technologie V, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut (mit Schaarschmidt, Gerngroß und Veit), tägl. — **Schaarschmidt**: Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Technisch-chemische Untersuchungen, Ausgewählte Kapitel, 2. — **Juckenack**: Chemisch-technische Analyse, 2; Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4. — **Kühl**: Praktische Übungen in der Herstellung, Prüfung und Verarbeitung von Zement und anderen Mörtelstoffen, tägl.: Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Herstellung, Prüfung und Verarbeitung von Zement und anderen Mörtelstoffen, tägl. — **Hilpert**: Kolloquium über Fragen der chemischen Technik, 1. — **Franck**: Chemische Technologie katalytischer Gasreaktionen: Anorganischer Teil, 1. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Holde**: Fette, Öle, Wachse und deren Verarbeitungsprodukte, $1^1/_2$, Übungen, $1^1/_2$. — **Gerngroß**: Die chemischen kolloidchemischen und physiologischen Grundlagen der Eiweißindustrien, 1. — **Lewin**: Die Lehre von den Giften: Betriebsgifte und dadurch bedingte gewerbliche Leiden, mit Demonstrationen, 2. — **Schwalbe**: Zellulose-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Freiberger**: Textilchemie I, 1. — **Bucherer**: Einführung in das deutsche Patentwesen, 1. — **Volmer**: Physikalische Chemie I, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium, 2 *g*; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum (mit Herrmann, Cassel und Clotofski), 16; Praktische Arbeiten im Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Hermann, Cassel und Clotofski), tägl. — **Herrmann**: Elektronenbau der Atome, 1. — **Schulze**: Die Thermoelektrizität und ihre technischen Anwendungen, 1. — **Just**: Chemische Reaktionskinetik, 1. — **Gehrts**: Die Elektronenemission glühender Körper, 1; Röntgenstrahlinterferenzen und Struktur fester Körper, 1. — **Traube**: Lösungstheorien, 1; Kolloidchemie, 2; Physikalisch-chemische, insbesondere kolloidchemische Übungen, 3. — **Arndt**: Technische Elektrochemie, mit besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Beziehungen, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse (mit Stenger), 2; Allgemeine Photographie, Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Verfahren, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astrophysik mit besonderer Berücksichtigung der photographischen Methoden, 1, Übungen, 2; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium (mit Mente), tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Verfahren (mit Mente), 16; Spektrographisches und spektralanalytisches Praktikum für Vorgerückte, 1. — **Forch**: Grundlagen der Kinematographie, 2. — **Stumpf**: Moderne Theorien vom Atom, Element und Spektrum (gemeinverständlich), 1. — **Seegert**: Ausgewählte Abschnitte aus der Spektralanalyse, 1. — **Lehmann**: Die Herstellung und Prüfung der photographischen Materialien, 1; Allgemeine Photochemie, 1. — **Stenger**: Photographisches Kopienverfahren ohne Edelmetallsalze, 1. — **Schulz**: Sehen und Messen, 1 *g*. — **v. Hofe**: Anwendung der Optik auf den Bau von Fernrohren, 1. Übung, 1. — **Byk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Seegert**: Grundlagen der Natuswissenschaften, 1.

**Baruch**: Einführung in die Theorie der Determinanten, 2; Mechanik I und II, 2; Übungen zur Mechanik und höheren Mathematik I und II, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 2. — **Fuchs**: Höhere Mathematik I und II: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 4, Übungen, 2; Vorkurse zur höheren Mathematik, 6, Übungen 2; Bestimmte Integrale, 2. — **Hamel**: Höhere Mathematik III: Differentialgleichungen, 3, Ergänzungen, 2, Übungen, 2; Lineare Integralgleichungen, 2; Theoretische Mechanik V: Elastizitätstheorie, 2; Mathematisches Proseminar (mit Jacobsthal, Jolles, Rothe, Scheffers), 2 *g*; Praktische mathematische Übungen (mit Rothe), nach Vereinbarung, *g*; Seminar für Mechanik, für Fortgeschrittene (mit Cranz, Everling, Hort, Eugen Meyer, Reißner, Rothe und Weber), 14tägig, 2 *g*. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Jacobsthal**: Zahlentheorie, 4; Fouriersche Reihen und andere Reihen der Technik, 2. — **Jolles**: Vorkurs zur darstellenden Geometrie, 4, Übungen, 4; Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 2. — **Korn**: Variationsrechnung, 2. — **Lemke**: Geschichte der Astronomie, 2. — **Rothe**: Höhere Mathematik I und II: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie usw., 4, Übungen, 2, Ergänzungen, 2; Praktische Mathematik: Rechnerische, zeichnerische und instrumentelle Verfahren, 2. — **Schafheitlin**: Geschichte der Mathematik seit Erfindung der Differentialrechnung, 2. — **Scheffers**: Projektive Geometrie in analytischer Behandlung, 2, Übungen, 1; Vorkurs in darstellender Geometrie, 4, Übungen, 4; Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4. —

**Wallenberg**: Repetitorium der höheren Mathematik: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 2; Potentialtheorie, 2.

**Technische Hochschule Breslau.** **Lummer**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum, 3.

**Ruff**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eucken**: Physikalische Chemie I, 4; Einführung in das physikalisch-chemische Praktikum, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 2. — **Neumann**: Anorganisch-chemische Technologie I und II, 4; Chemisch-technisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisch-technisches Praktikum, tägl.; Kokerei-Praktikum, tägl.; Kleines Kokerei-Praktikum, 4; Technische Elektrochemie, 1; Chemisch-technisches Kolloquium (mit Hofmann und Semmler), 2 *g*. — **Semmler**: Organische Technologie, 3; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Hofmann**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Synthese, 1. — **Nauß**: Technik der Gasanalyse, 1. — **Ehrenberg**: Ausgewählte Kapitel aus der Kolloidchemie, 1. — **Jonas**: Ausgewählte Gebiete der organischen Chemie II, 3; Terpene und Kampfer, 2.

**Schmeidler**: Höhere Mathematik III, 4, Übungen, 3. Mathematische Ergänzungen, 2 *g*; Numerische und graphische Integration von Differentialgleichungen, mit Übungen, 2. — **Happel**: Geometrie I: Analytische und darstellende, 4; Übungen, 4 und 2; Geometrie III: Ausgewählte Kapitel der Mathematik, nach Vereinbarung. — **Noether**: Höhere Mathematik I, 4; Übungen, 2, für Chemiker und Hüttenleute, 2, Übungen, 1; Mathematische Aufgaben der Elektrotechnik, 2. — **Feyer**: Perspektive, 2, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2.

**Technische Hochschule Danzig.** **Ramsauer**: Experimentalphysik I, 4, Ergänzungen, 1 *g*; Kleines physikalisches Praktikum (mit Kalähne), 4; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, unter Berücksichtigung der Demonstrationsphysik, tägl.; Großes physikalisches und photographisches Praktikum (mit Kalähne und Federlin), tägl.; Physikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Kinetische Theorie der Materie und Elektrizität, 3; Die Elektronenröhre in Theorie und Praxis der elektrischen Schwingungen, 1; Übungen in Photographie und Reproduktionsverfahren (mit Federlin) I, für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, tägl. — **v. Brunn**: Himmelsmechanik, 2; Elemente der Meteorologie, 2. — **Federlin**: Photographie, einschließlich der Reproduktionsverfahren, 1; Röntgenkunde, 1.

**v. Wartenberg**: Anorganisch-chemische Technologie I, 2; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektrochemischen Laboratorium (mit Jellinek), tägl.; Physikalische Chemie I und II, 2; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 2; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie I, 4; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Glimm**: Chemie und Technologie der Nahrungs- und Genußmittel 4; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, sowie Gärungsphysiologie, tägl.; Technisch-chemische Untersuchungsmethoden, 3. — **Jellinek**: Analytische Chemie mit allgemeiner Einführung in die Chemie II, 3.

**v. Mangoldt**: Höhere Mathematik I, 4, Übungen, 2; Besondere transzendente Funktionen, 2; Mathematisches Seminar (mit Sommer), 2 *g*. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2 *g*; Seminar für angewandte Mechanik und Wärmelehre (mit Plank), 2 *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 5; Graphische Statik II, 1, Übungen, 2; Kinematik: Geometrische Bewegungslehre mit technischen Anwendungen, 1. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 1; Variationsrechnung, 3.

**Universität Greifswald.** **Krüger**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Magnetismus, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner und Pharmazeuten, 2; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuer physikalischer Arbeiten: Kolloquium, 1½ *g*. — **Seeliger**: Theorie der Elektrizität, 3, Übungen, 1½; Statistische und wahrscheinlichkeitstheoretische Probleme der Physik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinkober**: Interferenz und Polarisation des Lichtes, 1; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3.

**Meisenheimer**: Organische Experimentalchemie, 4; Besprechung neuer chemischer Arbeiten (mit Posner und Lehmann), 1 *g*; Chemisches Praktikum: anorganische Abteilung, organische Abteilung (mit Posner), für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Lehmann), tägl. außer Sonnabend. — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie: Azyklische Verbindungen, 2; Anleitung zur Ausführung selbständiger Arbeiten auf dem Gebiete der organischen und technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Sieverts**: Physikalische Chemie II, einschließlich Elektrochemie, 4; Physikalisch-chemische Übungen, 4; Anleitung zu selbständigen physikalisch-chemischen Untersuchungen, tägl. — **Lehmann**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Arzneimittelprüfung, 2 *g*.

**Vahlen**: Elliptische Funktionen, 4; Mechanik schwimmender Körper: Theorie des Schiffes, 2 *g*; Seminar (mit Radon), 2. — **Radon**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Variationsrechnung, 2; Riemannsche Geometrie und mathematische Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, 2; Übungen für mittlere Semester, 2 *g*. — **Thaer**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 4. — **Klose**: Physik der Fixsterne, 2; Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*.

**Universität Hamburg.** **Koch**: Experimentalphysik II: Wärme, Elektrizität, 4; Physikalisches Praktikum (mit Goos und Müller), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. — **Lenz**: Optik und Elektronentheorie, 5; Relativitätstheorie, 2; Vortragsseminar, 2. — **Möller**: Schwingungsprobleme unter besonderer Berücksichtigung des Wechselstromes, 1, Übungen, 1. — **Goos**: Die optischen Instrumente, 1. — **Schorr**: Praktische Astronomie: Theorie der Instrumente, 2; Übungen in astronomischen Beobachtungen für Fortgeschrittene (mit Dolberg), nach Vereinbarung, *g*. — **Dolberg**: Theorie der Figur der Himmelskörper, 2. — **Schwaßmann**: Astrophysik II; Photometrie der Gestirne, 1. — **Wegener**: Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Geophysikalisches Kolloquium (mit Schott und Tams), 1½ *g*. — **Jensen**: Die Farben der Gewässer, 1. — **Tams**: Die Konstitution des Erdkörpers, 2.

**Rabe**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 4; Chemisches Praktikum im anorganischen Laboratorium (mit Remy), tägl. außer Sonnabend; Mediziner-Praktikum (mit Remy), 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Remy), tägl. außer Sonnabend; Besprechung chemischer Tagesfragen, 14tägig, 1 *g*. — **Remy**: Analytische Chemie, 1; Spezielle anorganische Chemie, 2. — **Kindler**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Schmalfuß**: Chemie der Fermente, Toxine und Hormone, 1. — **N. N.**: Physikalische Chemie II, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Praktikum, 5. — **Koetschau**: Wirtschaftschemie II: Organische Technologie, 1 *g*. — **Göhlich**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 2; Pharmazeutisch-chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend; Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, nach Vereinbarung; Praktische Übungen auf dem Gebiete der gerichtlichen Chemie, nach Vereinbarung. — **Ehrenstein**: Chemische

Warenkunde II: Untersuchung und Beurteilung von Fetten und Ölen, mit praktischen Übungen, 2.

**Riebesell**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Furch**: Analytische Geometrie II, 4, Übungen, 2. — **Rademacher**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2; Partielle Differentialgleichungen, 4; Aufgabenseminar (mit Ostrowski), 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten; Mathematisches Kolloquium (mit Blaschke und Hecke), 2 *g*. — **Hecke**: Funktionentheorie, 4; Ausgewählte Kapitel der neueren Arithmetik, 4; Vortragseminar über Funktionentheorie, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **Blaschke**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 2; Topologie, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **Ostrowski**: Mechanik der Kontinuen: Hydromechanik und Elastizität, 4, Übungen, 1; Seminar über höhere Mechanik, 2 *g*.

**Technische Hochschule Hannover.** **Precht**: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Praktikum, 4; Arbeiten im physikalischen Laboratorium, ganztägig, für Fortgeschrittene, halbtägig; Praktische Physik, 2; Physikalisches Kolloquium, nach Vereinbarung. — **N. N.**: Grundzüge der Physik, 3; Photographie, 4; Hochfrequenz-Physik, 2.

**Biltz**: Grundzüge der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 3; Anorganisches Laboratorium, ganz- und halbtägig. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 3; Organisches Laboratorium, ganz- und halbtägig. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 4; Physikalisch-chemische und elektrochemische Übungen, ganztägig; Arbeiten im elektrochemischen Institut, ganztägig; Elektrochemische Übungen, 4. — **Braune**: Radioaktivität, 2. — **Quincke**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Chemische Technologie I und II, 4; Übungen im Skizzieren, 2; Arbeiten im Laboratorium für technische Chemie, ganz- und halbtägig.

**Müller**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2, III, 2, Übungen 1; Die wichtigsten Differentialgleichungen der Technik, 2; Seminar für Mathematik und Mechanik (mit Prange, Pröll und Salkowski), 2. — **Prange**: Höhere Mathematik II A, 5, Übungen, 2; Optik, 3; Mathematische Fragen in Maschinenbau und Elektrotechnik, 2. — **Kiepert**: Ausgewählte Kapitel der Mathematik: a) Analytische Geometrie der Ebene, 2, b) Zahlentheorie, 3. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3, II A, 3, Übungen, 3; Geometrie der Kurven und Flächen, 4; Seminar für mathematische Methodik und Didaktik (mit Wolff), 2. — **N. N.**: Praktische Mathematik, 2; Mathematisches Praktikum, 2; Vektoranalysis, 3; Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **N. N.**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **N. N.**: Einführung in die darstellende Geometrie, 2, Übungen, 1. — **Wolff**: Methodik und Didaktik der Algebra und Analysis, 2.

**Technische Hochschule Karlsruhe.** **Gaede**: Physik I, 2, III, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Peppler**: Praktische Witterungskunde, 1. — **Riede**: Technische Optik, 2. — **Schachenmeier**: Mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Experimentalphysik für Pharmazeuten, 2.

**Askenasy**: Allgemeine chemische Technologie, 3; Kolloquium über wichtige Einzelgebiete der Metallurgie und chemischen Technik, 1; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl.; Chemisch-technisches Seminar, 1—2; Arbeiten über mineralische Gerbung, nach Vereinbarung. — **Bredig**: Physikalische Chemie, 5; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2, Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Freudenberg**: Organische Chemie I, 4, für Nichtchemiker, 1; Chemisches Kolloquium, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Eitner**: Industrielle Feuerungen, 2; Chemische Technologie des Glases, keramischer Erzeugnisse und der Baumaterialien, 2; Methoden der technischen Analyse für Chemiker I, 2, Übungen; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen, 3; Chemische und physikalische Grundlagen der technischen Analyse für Gasingenieure I, 1, Übungen, 2; Technologie der Kohlehydrate und der Gärungsgewerbe, 2. — **Lehne**: Textilchemie II, 2, Übungen, 2; Echtfärberei der Wolle, Seide und Baumwolle, 1; Nachweis der Farbstoffe und Prüfung auf Echtheit, 1, Übungen, 2; Chemisch-technisches Laboratorium, Textilchemische Abteilung. — **Bunte**: Gaserzeuger und Gasfeuerungen, 2; Chemisch-technische Arbeiten, nach Vereinbarung; Brennstoffwirtschaftliches Seminar, 3. — **Franzen**: Organische Chemie II (Fortsetzung), 2; Biochemie, nach Vereinbarung 1; Organisch-chemisches Seminar, 2. — **Klever**: Chemismus des Kokereibetriebs und der Teerveredlung, 2; Chemie des Bitumens II, 1; Kolloquium über neuere Arbeiten der Bitumen-Chemie, $1^1/_2$. — **Kögel**: Photographische Optik und allgemeine Photochemie, 2—3; Photochemisches Praktikum, nach Vereinbarung. — **Koenig**: Koloidchemie, 2. — **Lembert**: Spezielle anorganische Chemie, 2; Praktikum der Mikroanalyse, 2; Quantitatives Seminar, 1; Analytische Chemie I, mit Seminar, 1, Übungen, 1. — **Reis**: Einführung in die Quantenlehre und deren Anwendung in der Chemie, 2. — **Ubbelohde**: Industrie der Fette und Harze, 2. — **Wolf**: Fabrikorganisation in der chemischen Großindustrie, 1.

**Krazer**: Höhere Mathematik III, 3, Übungen, 2; Elliptische Funktionen und deren Anwendung, 2. — **Baldus**: Darstellende Geometrie: Eintafelsystem, Orthogonalprojektion in mehreren Tafeln, Durchdringungen, Schattenkonstruktionen, krumme Flächen, 4, Übungen, 4; Differentialgeometrie reeller Kurven und Flächen, 3, Übungen, 1. — **Böhm**: Höhere Mathematik I: Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 7; Differenzenrechnung, 1. — **Heun**: Mechanisches Seminar: Dynamik, 3 *g*. — **Breuer**: Algebraische Gleichungen, 2, Übungen, 1; Determinanten, 2, Übungen, 1. — **Wellstein**: Projektive Geometrie des Raumes, nach Vereinbarung. — **Wintz**: Grundlagen der Geometrie, 2.

**Universität Kiel.** **Dieterici**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Doktoranden (mit Kossel), tägl. — **Kossel**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Physik des Moleküls, 1 *g*; Ausgewählte Fragen aus der Quantentheorie, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Zahn), $1^1/_2$ *g*. — **Zahn**: Ergänzungen zur Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 2. — **Schmidt**: Kinetische Gastheorie, 1. — **Martienssen**: Einführung in die Elektrotechnik, 2, Übungen, 1.

**Diels**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum I; anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung (mit Skita), tägl.; Kolloquium über neuere chemische Arbeiten (mit Feist, Mumm, Preuner und Skita), $1^1/_2$ *g*. — **Mumm**: Chemie der Metalle, 3. — **Skita**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen und Alkaloide, 1. — **Feist**: Technologie der Beleuchtungs-, Heiz- und Betriebsstoffe, 1; Technologie der Silikate: Bau- und Feinkeramik, Glas usw., 1; Chemische Technologie landwirtschaftlich wichtiger Stoffe, 1. — **Preuner**: Physikalisch-chemische Arbeitsmethoden: Erläuterungen zum physikalisch-chemischen Praktikum, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 14tägig. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Horrmann**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Über den Nachweis vegetabilischer Gifte bei Vergiftungsfällen, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend.

**N. N.**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 2. — **Steinitz**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2; Zahlentheorie II; Seminar für Fortgeschrittene, 2 *g*. — **Toeplitz**: Funktionentheorie, 4, Übungen, 2, Seminar für Fortgeschrittene, 2 *g*. — **Neuendorff**: Graphi-

sche und numerische Methoden, 4. — **Wirtz**: Einleitung in die mathematische Statistik 2, Übungen, 2; Vorträge und Übungen aus der angewandten Mathematik, 14tägig, 2 *g*; Der Bau des Fixsternsystems, 3; Das Sonnensystem, 1 *g*. — **Harzer**: Spezielle Störungen, mit Übungen, 3; Differenzenrechnung, 1 *g*. — **Kobold**: Methoden zur Bestimmung der Entfernung der Himmelskörper, 2; Geodätische Übungen, nach Vereinbarung.

**Universität Köln.** **Rinkel**: Experimentalphysik II: Magnetismus und Elektrizitätslehre, 3; Eisenindustrie, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend.

**Darapsky**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemische Technologie I, 2; Großes chemisches Praktikum und Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen (mit Kesseler und Jander), tägl. außer Sonnabend; Kleines chemisches Praktikum (mit Kesseler und Jander), 5. — **Kesseler**: Farbstoffe und Zwischenprodukte, 1; Warenkunde I, 2 *g*; Chemisch-technologisches Seminar, 14tägig, 2. — **Jander**: Grundzüge der allgemeinen physikalischen Chemie, 2; Quantitative Analyse: Gewichts-, Maß- und Gasanalyse, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 2. — **Schrader**: Die chemischen Grundlagen der technischen Verwertung der Brennstoffe, 14tägig, 2 *g*.

**Fischer**: Bestimmte Integrale: Gammafunktion, Fouriersche Reihen, Doppelintegrale, Kurvenintegrale, 3; Hauptachsenproblem und Integralgleichungen, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Analytische Geometrie II (mit Finsler), 3, Übungen, 1; Differentialgleichungen II (mit Finsler), 2. — **Druxes**: Differential- und Integralrechnung II, 2, Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Geometrie und Physik, 1; Politische Arithmetik: Zinseszinsrechnung, Anleihen, Kurs- und Rentabilitätsberechnungen, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Versicherungsmathematik, 1.

**Technische Hochschule München.** **Zenneck**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, Magnetostatik, Elektrostatik, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, ganztägig. — **K. T. Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 3; Elektrizität und Magnetismus in mathematischer Behandlung, 4; Praktisch-physikalische Übungen, 4; Einführung in die wissenschaftlichen Methoden der Physik, 8. — **Kühl**: Einführung in die Optik der wichtigsten Instrumente, 2. — **v. Angerer**: Elektronen und Ionen, 1. — **Joos**: Der Aufbau der Materie, 1. — **Knoblauch**: Anwendungen der Thermodynamik auf physikalisch-chemische Erscheinungen, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, 8. — **Hencky**: Die Gesetze der Wärmeströmung und ihre Anwendung in der Technik, 2. — **Emden**: Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Dieckmann**: Drahtlose Telegraphie und Telephonie, 3. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1.

**Manchot**: Anorganische Experimentalchemie, einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Anorganisches und analytisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **H. Fischer**: Organische Chemie: Benzolderivate, 3; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, tägl. — **Albert**: Chemie der Arzneimittel, 1. — **Rohde**: Die Hauptgruppen der hieterozyklischen Verbindungen II, 2. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Elektrochemie I, 2; Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und der physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Schultz**: Chemische Technologie I, 3; Praktikum im Chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei (mit Albert), 4. — **Lüers**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl.

**v. Dyck**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Differentialgleichungen, mit Übungen, 4. — **Faber**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Einführung in die Einsteinsche Relativitätstheorie, 2. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik I, 4, Übungen, 2; Synthetische Geometrie I, 4, Übungen, 1; Darstellende Geometrie mit Schattenkonstruktionslehre, 5, Übungen, 6. — **Finsterwalder**: Ausgewählte Kapitel der darstellenden Geometrie, mit Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Rechenübungen (mit v. Gruber), 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **v. Gruber**: Photogrammetrie I, 2; Anleitung zu photogrammetrischen Arbeiten, 2; Geographische Ortsbestimmung und flüchtige Geländeaufnahme, Übungen, 2. — **N. N.**: Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung, 2. — **Burmester**: Kinematographie mit Demonstrationen nebst Vorführungen wissenschaftlicher und industrieller Filme, 1. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 und 4; Landesvermessung, 4. — **Schlötzer**: Rechenbeispiele zu ausgewählten Kapiteln der Geodäsie, 2; Mechanisches Rechnen, 1. — **Schäfer**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik II, 3, III, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Abschnitte der höheren Festigkeitslehre, 2.

**Universität Prag.** **Frank**: Himmelsmechanik und Atommechanik, 3; Theorie des Maschinenfluges, 2; Seminar für theoretische Physik: Übungen im Auflösen von mechanischen Problemen, 2; Besprechung von neuen physikalischen Arbeiten (mit Fürth), 1 *g*. — **Fürth**: Atombau I: Der äußere Aufbau des Atoms, 2.

**Meyer** Experimentalchemie, I, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Rothmund**: Physikalische Chemie, I, 4; Thermochemie, 1, Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. — **Wagner**: Einführung in die Kolloidchemie, 3. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie 4; Chemische Übungen für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. — **Sigmund**: Biochemie des Bodens, 1. — **Fortner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3. — **Halla**: Analytische Chemie, 3.

**Pick**: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Berwald**: Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, mit Übungen, 3; Trigonometrische Reihen, 2. — **Funk**: Funktionentheorie, 3. — **Winternitz**: Nicht-euklidische Geometrie und Mechanik, 4. — **Mack**: Kurs für geometrisches Zeichnen und darstellende Geometrie, 3 *g*. — **Prey**: Grundlagen der Astronomie, 3; Theorie der astronomischen Instrumente, 2. — **Spitaler**: Geophysik, 3; Die Eiszeiten der Erde, 2 *g*. — **Pollak**: Theoretische Meteorologie: Statik und Kinematik, 2.

**Universität Rostock.** **Füchtbauer**: Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität, Magnetismus, 4; Physikalische Übungen (mit Falckenberg), 8; Physikalisches Seminar (mit Stern), 1; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Stern**: Theorie des Lichts, 4; Das Atom, 1; Theoretisch-physikalisches Seminar, 14tägig, 2; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **N. N.**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 2; Meteorologische und aerologische Übungen, 3 *g*. — **Falckenberg**: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1.

**Walden**: Chemie der Metalle, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrochemie, 2; Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Großes analytisches und anorganisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Stoermer**: Organische Chemie, 5; Chemie der Riechstoffe, mit

Berücksichtigung der Terpene und Kampfer, 1; Übungen in der organischen Abteilung: a) Großes chemisches Praktikum, b) Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Übungen in gerichtlich-chemischer Analyse für Pharmazeuten, 2 Vormittage. — **Honcamp**: Agrikulturchemisches Praktikum, tägl.; Agrikulturchemie II, 2.

**Staude**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Grundlagen der Geometrie, 2; Mathematisches Seminar, 2. — **Pohlhausen**: Mechanik, 4; Numerisches und graphisches Rechnen, 2; Mechanische Grundlagen des Segelfluges, 1; Mathematisches Seminar.

**Technische Hochschule Stuttgart.** **Regener**: Physik I: Experimentalmechanik einschließlich Akustik, 3, III: Elektrizität II und Optik, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 12, für Fortgeschrittenere, 12; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig; Physikalisches Kolloquium (mit Ewald), $1^1/_2$. — **Reichenbach**: Physikalische Messungen, 1. — **Ewald**: Theoretische Physik I: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Probleme der theoretischen Physik, 2. — **Glocker**: Röntgentechnik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im Röntgenlaboratorium, ganztägig. — **Grammel**: Technische Mechanik I, 3, Übungen, 2; Technische Wärmelehre I, 2, Übungen, 1; Sondergebiete der höheren Dynamik: Der Kreisel und seine technischen Anwendungen, 2. —

**Wilke-Dörfurt**: Spezielle anorganische Chemie, 1; Technische Chemie I: Anorganisch-chemische Großindustrie, 2; Einführung in die analytische Chemie auf physiko-chemischer Grundlage, 1; Kolloquium für anorganische Chemie, physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Grube), nach Vereinbarung; Übungen im Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der anorganischen Chemie und anorganisch-chemischen Technologie (mit Schmidt). — **Grube**: Physikalische Chemie II, 2; Übungen im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der physikalischen Chemie und Elektrochemie. — **Küster**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Toxikologie, 1; Übungen im Laboratorium für organische Chemie, organisch-chemische Technologie und Pharmazie, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen für Textilchemiker (Halbpraktikum); Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, organisch-chemischen Technologie, Textilchemie, Pharmazie und Nahrungsmittelchemie (mit Kauffmann und Bauer). — **Kauffmann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 1; Farbenchemie, 2; Textilchemie, 2; Textilchemisches Praktikum mit färberei-technischen Übungen; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Textilchemie und der Farbenchemie. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 3; Chemisches Seminar, 2; Praktikum in Gasanalyse, 1, Übungen, 4. — **Bauer**: Spezielle organische Chemie, 2; Analyse organischer Handelsprodukte, 1. —

**Werkmeister**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 2; Entwerfen von graphischen Tafeln: Nomographie, 1. — **N. N.**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 2; Mathematisches Seminar, 1; Graphisches Rechnen, 2; Übungen, 2; Determinanten, 3, Übungen, 1. — **Pfeiffer**: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 3; Projektive Geometrie, 4. Mathematisches Seminar (mit Kutta), 2. — **Kutta**: Höhere Mathematik IV, 1, Übungen, 1; Algebraische Kurven, 3, Übungen, 1. — **Wölffing**: Krümmungstheorie, 3. — **Köstlin**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4. — **Jost**: Perspektive Schatten- und Beleuchtungskonstruktionen, 1, Übungen, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 4; Graphische Dynamik, Übungen, 1; Die Theorie des Schiffes, 1. — **v. Hammer**: Ausarbeitung der Vermessungsaufnahmen, Übungen, 2; Vermessungskunde I, 3, Übungen, 4; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 1, Übungen, 1; Grundzüge der höheren Geodäsie, 2; Barometrische Höhenmessung, 1. — **Heer**: Geodätische Übungen, 4; Photogrammetrie, 2. —

**Universität Tübingen.** **Paschen**: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Anfängerübungen, 4; Wissenschaftliche Arbeiten, nach Vereinbarung. — **N. N.**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, 1. — **Rosenberg**: Allgemeine Himmelskunde, mit Lichtbildern und Demonstrationen, 2; Einführung in die Probleme der Astrophysik, 3; Leitung selbständiger astronomischer und astrophysikalischer Übungen, für Fortgeschrittene, tägl. —

**N. N.**: Organische Chemie, 4; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl.; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow und Kliegl); Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Kliegl); Präparative Arbeiten (mit Neber); Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus); Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten (mit Bülow, Kliegl, Magnus, Neber). — **Thierfelder**: Physiologische Chemie der Kohlehydrate, Fette und Eiweißstoffe, 2; Praktischer Kursus der Chemie für Mediziner (mit Brigl), 6; Physiologisch-chemische Übungen (mit Brigl), 2; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere (mit Brigl), tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie II, mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium und technischer Prozesse, 3; Einführung in die Chemie und Technologie heterozyklischer Verbindungen, 1. — **Kliegl**: Chemie der Arzneistoffe II, organischer Teil, 3; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1. — **Magnus**: Physikalische Chemie I: Molekulartheorie und Verwandtschaftslehre, 2. — **Brigl**: Die für den Mediziner wichtigsten Abschnitte der anorganischen Chemie, 2; Ausgewählte analytische Methoden der Biochemie, mit Einschluß klinischer Mikromethoden, 1. — **Neber**: Die Bedeutung der modernen Kolloidchemie für Wissenschaft und Technik, 1. —

**Maurer**: Höhere Analysis I, 4, Übungen, 1; Determinanten, 2, Übungen, 1, Oberseminar (mit Hessenberg und Kommerell), 14tägig, 2 *g*. — **Hessenberg**: Mengenlehre, 2; Zahlentheorie, 4; Übungen zur darstellenden Geometrie, 3. — **Kommerell**: Analytische Geometrie des Raumes, mit Übungen, 4; Synthetische Geometrie, mit Übungen, 4. —

**Universität Wien.** **Lecher**: Experimentalphysik: 5, Demonstrationsergänzung, 1 *g*; Mittelschul-Experimentier-Praktikum, 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten, 1 *g*. — **Jäger**: Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Meyer**: Radioaktivität, 5; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, nach Vereinbarung. — **Ehrenhaft**: Experimentalphysik, 5, Seminar, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Haschek**: Experimentalphysik III: Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 12. — **Thirring**: Theorie der Optik, 5; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*, Proseminar, 1 *g*. — **Kottler**: Die Ausbreitung der Wellen, 3; Kugelfunktionen, 2. — **Kohl**: Thermodynamik und thermodynamisches Potential, 2. — **Mache**: Thermodynamik, 2; Physik der Verbrennungserscheinungen, 1. — **Sirk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2, Übungen, 1. — **Flamm**: Gravitationstheorie, 1. — **Smekal**: Höhere Dynamik, mit Rücksicht auf statistische Mechanik und Quantentheorie, 3; Molekulartheorie und Festigkeit, 1; Physikalisches Praktikum, 6. — **Haas**: Atomtheorie, 1. — **Ettenreich**: Physikalische Grundlagen der Radiotelegraphie, 2. — **Exner**: Allgemeine Meteorologie, 3; Besprechung neuerer Arbeiten aus Meteorologie und Geophysik, 2 *g*. — **Schmidt**: Die Strömungen der Luft und des Wassers, 1. — **Wagner**: Luft- und Wolkenelektrizität, 1. — **Conrad**: Klima des Aquators, 2; Physikalische Erforschung des Erdinnern, 1. — **Dietzius**: Beeinflussung der Strahlung durch Luft, Wolken und Staub, 1. —

**Wegscheider**: Chemische Dynamik, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend; Übungen in der chemischen Analyse, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Besprechung neuerer physikochemischer Arbeiten (mit Billiter, Abel, Kailan, Klemenc und Späth), 1 *g*. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Pollak**: Chemische Technologie der pflanzlichen und tierischen Rohstoffe, 3, Übungen, 5. — **Franke**: Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, 5, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Kohn**: Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. — **Kailan**: Die Prinzipien der Elektrolyse, 2. — **Klemenc**: Die Grundlagen der Elektrochemie, 2; Temperatur- und Strahlungsmessungen, 1. — **Späth**: Die Farbstoffe des Tier- und Pflanzenreiches, 2. — **Billiter**: Technische Elektrochemie, 1. — **Zellner**: Chemie und chemische Technologie der Fette und Wachse, 2; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten, 15. — **Philippi**: Organische Chemie I: Die aliphatischen Verbindungen, 3; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Zerner**: Kohlehydrate, 1 — **Abel**: Thermodynamik, 1. — **Mossler**: Neuere Arzneimittel unter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Konstitution und Wirksamkeit, 1. — **Sirk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2, Übungen, 1. — **Wirtinger**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*.; Mathematisches Seminar, 2 *g*, Proseminar, 1 g. — **Eckhart**: Kurs für darstellende Geometrie, 3 *g*. — **Furtwängler**: Einführung in die Zahlentheorie, 5; Elementarmathematik: Übungen aus der elementaren Zahlentheorie, 1 *g*; Proseminar, 1 *g*, Seminar, 2 *g*. — **Hahn**: Funktionentheorie, 5; Seminar: Neuere Arbeiten über Fouriersche Reihen und Integrale, 2 *g*; Proseminar: Algebra der Logik, 2 *g*; **Tauber**: Versicherungsmathematik: Private und öffentliche Versicherung I, 4. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik I, 3; Die Mathematik der öffentlichen Versicherung, 3. — **Lense**: Differentialgeometrie, 3. — **Helly**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Geometrie, 2. — **Hepperger**: Sphärische Astronomie, 4. — **Oppenheim**: Theorie der Ebbe und Flut, 2; Höhere Geodäsie, 2; Astronomische Geographie, 2. — **Dolezal**: Einführung in das Vermessungswesen I, 3; Grundzüge des Vermessungswesens I, 3. —

**Universität Würzburg.** **Wagner**: Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 4; Praktische Übungen im physikalischen Institut. — **Harms**: Theoretische Physik: Hydrodynamik, Akustik, kinetische Gastheorie, 4, Übungen, 1; Vektoranalysis als Einführung in die Vorlesung über theoretische Physik, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. — **Schottky**: Statistik und Quantentheorie, 2. — **Glaser**: Technische Physik I: Technische Mechanik, Festigkeitslehre, Aeromechanik, 2, Übungen: Einführung in das technische Zeichnen, Herstellungsverfahren, Anleitung im Entwerfen einfacher Apparate, 3; Mechanische Technologie bei besonderer Berücksichtigung der neueren Arbeitsmethoden der Feinmechanik und Elektrotechnik mit Exkursionen, 2; Das Mikroskop und die mikroskopischen Nebenapparate mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Mediziner, 1, Übungen, 1, Technik und Wirtschaft, 1 *g*; Besprechung technisch-physikalischer Fragen, *g*. —

**Dimroth**: Experimentalchemie II; Organische Chemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit Emmert, v. Halban, Skraup und Goldschmidt), 14tägig, 2 *g*; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Emmert und Skraup), tägl. außer Sonnabend; Organisch-chemisches Praktikum (mit Goldschmidt), tägl.; Anleitung zu selbständigen Arbeiten (mit Emmert, v. Halban, Skraup und Goldschmidt), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Emmert und Skraup), 4. — **Pauly**: Chemie der Faserstoffe, 1; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. — **Emmert**: Analytische Chemie, Experimentalvorlesung zur Ergänzung des anorganisch-chemischen Praktikums, 3. — **v. Halban**: Elektrochemie, 2; Photochemie, 1; Physikalisch-chemische Besprechungen, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum I, 4, II, 4. — **Skraup**: Methoden der modernen organischen Chemie und ihre technische Anwendung, 2; Einführung in die Kolloidchemie, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung für Biologie und Medizin, 2. — **Goldschmidt**: Aliphatische Chemie, 4. — **Hieber**: Spezielle anorganische Chemie: Nichtmetalle, 2. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe, anorganischer Teil, 2: Chemie der Nahrungsmittel, 2; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Quantitative Prüfung der Arzneistoffe, 1 *g*; Technologie der Schwefelsäure und der Soda, 1; Chemisches Praktikum, tägl.; Chemisch-pharmazeutisches und nahrungsmittelchemisches Praktikum, tägl., Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Ulzheimer**: Allgemeine Maschinenlehre für Chemiker, 1; Einführung in die Technik, mit Lichtbildern, 1. —

**Rost**: Integralrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Sphärische Astronomie, 4; Anwendungen der Differentialrechnung auf die Theorie der ebenen Kurven, 4 *g*; Planimetrische Konstruktionen, 2 g; Astronomisches Praktikum für Fortgeschrittene, 1 Abend *g*. — **v. Weber**: Funktionentheorie, 4; Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4, Übungen, 2 *g*. — **Hilb**: Reihenlehre, 4; Höhere Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker, II, 2. —

**Universität Zürich.** **E. Meyer**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzungen, 1; Repetitorium der Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $3^1/_2$, für Vorgerücktere, halbtägig, Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Schrödinger), 2 *g*. — **Schrödinger**: Analytische Mechanik, 4; Spezielle Probleme der Elektronentheorie, 4; Theoretische Physik, Proseminar, 1, Seminar, 1; Die moderne Entwicklung des physikalischen Weltbildes: Feinbau der Materie, Atombau, Relativitätstheorie, 1. — **Greinacher**: Kathoden- und Röntgenstrahlen, Röntgentechnik, 1; Radiologisches Praktikum, 4. — **Ratnowsky**: Einführung in die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, 2. — **Meißner**: Geometrische Optik, 1. — **Wolfke**: Quantentheorie, 2. — **Bär**: Die historische Entwicklung der Mechanik und Thermodynamik, 1. —

**Karrer**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Stereochemie, 2; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Mediziner und Veterinäre (mit Gränacher), 3 Tage, für Lehramtskandidaten (mit Waser), 6. — **Henri**: Physikalische Chemie II, 3; Katalyse, 1; Osmose in Anwendung auf die Biologie, 1; Praktische Übungen in physikalischer Chemie, 2 und 1 Halbtag; Spezialarbeiten, tägl.; Kolloquium in physikalischer Chemie, 2. — **Baragiola**: Einführung in die Lebensmittelchemie, 2. — **Treadwell**: Qualitative Analyse, 2. — **Gränacher**: Aromatische Chemie I, 2, III, 1. — **Waser**: Alkaloidchemie, 2; Färberei, 1. — **Ruzicka**: Terpene und Riechstoffe, 1. —

**Fueter**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, mit Übungen, 5; Variationsrechnung, 4, Seminar (mit Speiser), 2. — **Speiser**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4. — **Disteli**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 4; Einführung in die Schraubentheorie, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

**Technische Hochschule Zürich.** **Debye**: Physik: Mechanik, Akustik, Elektrizität, 4, Repetitorium, 1; Ionen und Elektronen, 2; Physikalisches Praktikum, für Anfänger (mit Scherrer und Tank), 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24; Seminar über Struktur der Materie (mit Scherrer und Tank), 2, Physikalisches Kolloquium (mit Scherrer und Tank),

2. — **Scherrer**: Experimentalphysik, 4. Repetitorium, 1; Röntgenstrahlen und Kristallbau, 2; Vollpraktikum und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, 8, 12 und 24. — **Tank**: Physik I, 3, Übungen, 1; Optik, 2; Der elektrische Lichtbogen und seine Anwendungen, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8. — **Amberg**: Allgemeine Didaktik des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, 1 *g*. — **Barbieri**: Photographie I, 2 *g*; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographie, 1. — **Dällenbach**: Theorie des elektromagnetischen Feldes, 3; Gleichrichter, 1. — **Früh**: Meteorologie und Klimatologie, 2. — **de Quervain**: Die wichtigsten geographischen Instrumente: Theorie und Übungen I, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1. —

**Staudinger**: Anorganische Chemie, 5, Repetitorium, 1; Organische Chemie, spezieller Teil I, 2, Repetitorium, 1; Chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl.; Seminaristische Übungen (mit Schröter), 1; Chemisches Kolloquium, 2. — **Treadwell**: Analytische Chemie I: Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, 2, Repetitorium, 1; Chemie, 2; Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 20, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 24. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Bolhard**: Anorganische chemische Technologie I: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennstoffe, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Fierz**: Organische Technologie I: Gespinstfasern, Bleicherei, Färberei, 3, Repetitorium, 1, II: Fette, Kautschuk, Petroleum, 1, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24; Chemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Ruzicka**: Terpene und Riechstoffe, 1; Heterozyklische Verbindungen, 1. — **Trümpler**: Die optischen Methoden und Instrumente des Chemikers, 2 *g*. — **Wiegner**: Agrikulturchemie I: Bodenkunde und allgemeine Düngerlehre, 3; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, 4, 8 und 16, für Vorgerücktere, tägl.; Kolloidchemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Fütterungslehre, 2. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Alkaloide und ihre Wirkungen, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, 3, 16, für Vorgerücktere, tägl., Anleitung, 1; Physiologisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. —

**Hirsch**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 5; Ausgleichungsrechnung und Landesvermessung, 4, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum, 2; Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Mitwirkung bei den Diplomarbeiten. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Flächen zweiten Grades, 1. — **Franel**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Grossmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Projektive Geometrie II, 1; Mathematische Übungen I, 3; Graphische Methoden, 2; Geometrisches Seminar, 2. — **Gull**: Theorie der Perspektive mit Übungen, 3 *g*. — **Kienast**: Anwendungen der Funktionentheorie (nicht konvergierende Reihen), 2 *g*. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4, Mathematik mit Übungen, 4. — **Kraft**: Geometrische Analysis; Vektoren- und Punktrechnung, 3; Vektoranalysis und Ausdehnungslehre im allgemeinen, 1 *g*. — **Marchand**: Die statistischen Untersuchungsmethoden, 1 *g*. — **Plancherel**: Funktionentheorie, 3; Variationsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Weyl und Polya), 2. — **Polya**: Einführung in die Analysis reeller Größen I, 2 *g*; Analytische Zahlentheorie, 2 *g*. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Weyl**: Analytische Geometrie, mit Übungen, 3; Vektoranalysis, 1; Analysis situs, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

## Personalien.

**(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

**Habilitiert**: An der Technischen Hochschule Dresden Dr. August Klughardt für praktische Optik und Dr. Felix Burkhardt für Mathematik und Statistik, an der Universität Frankfurt a. M. Professor Dr. Alfred Magnus (bisher in Tübingen) für physikalische Chemie.

**Ernannt**: Der ord. Professor der Mathematik an der Universität Heidelberg Dr. Oskar Perron in gleicher Eigenschaft an der Universität München, der wissenschaftliche Mitarbeiter bei der Chemisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Dr. Haid zum Regierungsrat und Mitglied dieser Anstalt, der a. o. Professor an der Universität München Dr. Ernst Wagner zum ord. Professor der Experimentalphysik an der Universität Würzburg, der Privatdozent an der Universität Göttingen Dr. H. König zum ord. Professor der angewandten Mathematik an der Bergakademie in Clausthal, der Privatdozent an der Technischen Hochschule Graz Dr. Erwin Kruppa zum a. o. Professor für Mathematik an der Technischen Hochschule Wien, der ord. Professor für Mathematik und Mechanik an der Bergakademie Clausthal Dr. H. v. Sanden in gleicher Eigenschaft an der Technischen Hochschule Hannover, Dr. B. Viaro zum Direktor der Sternwarte in Catania, der a. o. Professor für elektrische Schwachstromanlagen Dr. Rudolf Franke zum ord. Professor an der Technischen Hochschule Berlin, der Lektor der Chemie am Morningside College John Waldo zum Dozenten für anorganische Chemie an der Purdue Universität, der a. o. Professor an der Universität Rostock Dr. Otto Stern zum ord. Professor der physikalischen Chemie an der Universität Hamburg, der a. o. Professor an der Universität Zürich Dr. Alfred Wolfer zum ord. Professor der Astronomie ebenda.

**Gestorben**: Der emer. Professor der Chemie an der Universität Edinburgh Dr. Alexander Crum Brown, der Professor der anorganischen Chemie an der Universität St. Petersburg Dr. Leo Tschugaeff, der frühere ord. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Max Abraham in Mailand (zuletzt in München), der ord. Professor an der Princeton Universität Dr. P. L. Boutroux, der ord. Professor für rationelle Mathematik an der Universität Genua Dr. Orazio Tedone, der frühere ord. Professor für Mechanik und mathematische Physik an der Universität Lund Dr. Albert Viktor Bäcklund, der frühere Präsident der Académie des Sciences und Professor am Polytechnikum in Paris Dr. C. G. Lemoine, der ord. Professor der Astronomie an der Universität Berlin, Dr. Fritz Cohn, der frühere Dozent an der Technischen Hochschule in Aachen und jetzige Vorsteher der Abteilung für allgemeine Chemie beim staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem Professor Dr.-Ing. Artur Fischer.

## Gesuche.

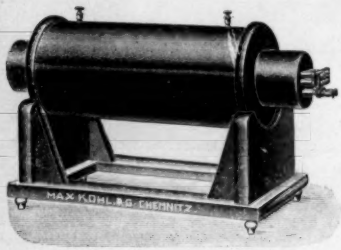
Zu kaufen gesucht

**Hochempfindliches Saitengalvanometer**

(auch defekt) möglichst mit photographischer Registriervorrichtung. Angebote unter **S. H. 615** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2.

Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Hans Küstner in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

# Max Kohl A.G. Chemnitz




62582. Funkeninduktor mit Sekundärwicklung von geringem Widerstand, für Wehnelt-Unterbrecher, 400 mm Funkenlänge.

**Physikalische Apparate**

**Funken-Induktoren**

**Ölluftpumpen**

**Experimentier-Schalttafeln**

**Projektions-Apparate**

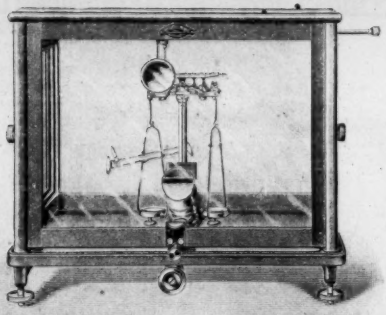
**Laboratorienmöbel**

in gediegener Ausführung.

Weltausstellung Brüssel: 4 Grosse Preise; Turin: 2 Grosse Preise; Dresden: Grosser Preis.

# Sartorius-Werke A.-G. Göttingen Prov. Hannover

**Analysen- und Präzisions-Wagen** für feine und feinste Wägungen in bekannt sauberster Ausführung.



**Sartorius'-**
**Mikro-chemische**
**Analysenwage.**

D. R. G. M. 786129—796130

*

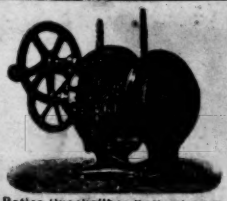
*Unsere Fabrikate sind in allen einschlägigen Geschäften zu Originalpreisen erhältlich.*

Katalog „Präcis 46" kostenfrei.

# Arthur Pfeiffer, Wetzlar

Gegründet 1890

Fabrik physikalischer, chemischer und technischer Apparate



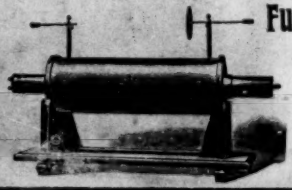
Rotier. Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Pfeiffer. D. R. P.

## Spezialfabrik für Hochvakuumpumpen

zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken

Alle Arten Luftpumpen, Kolben-Ölluftpumpen, rotierende Ölluftpumpen, rotierende Quecksilberluftpumpen für Betrieb und Laboratorium

Rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Gaede. D. R. P.



## Funkeninduktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Normaltypen von 6—1000 mm Funkenlänge mit Unterbrechern aller Art

Spezial-Funkeninduktoren für technische und wissenschaftliche Zwecke

Listen kostenlos von Abteilung E verlangen.

# E. Leybold's Nachf. A.-G.

Cöln a/Rhein

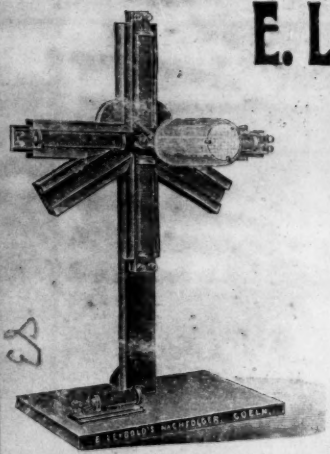
## Fabrik physikalischer Apparate

Zweigniederlassung:

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 53

Projektionsapparate für Diaskopie und Episkopie

Hochvakuumpumpen nach Gaede



*Universalstativ für Braun'sche Röhre nach Simon und Reich.*

*Katalog, enthaltend 16000 Nummern, wird Instituten auf Wunsch übersandt.*


Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.